ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 26 DÉCEMBRE 1934.

PRÉSIDENCE DE M. Louis MANGIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** adresse ampliation du décret, en date du 18 décembre 1934, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Robert Lespieau** pour occuper dans la Section de Chimie la place vacante par le décès de M. *C. Matignon*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Robert Lespieau** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **Willem de Sitter**, Correspondant pour la Section d'Astronomie, survenu le 19 novembre 1934.

Notice sur les travaux de M. de Gerlache, par M. **Jean Charcot**.

La carrière du baron Adrien de Gerlache de Gomery, Correspondant de l'Académie, ancien officier de la Marine belge, a été celle d'un savant, navigateur et explorateur. Cet admirable marin, modeste et désintéressé, a consacré sa vie à l'étude de la mer. Il mérite le nom de pionnier de l'Antarctique, car il fut le premier à tenter l'inconnu d'un hivernage dans cette région polaire. Toutes les expéditions qui depuis ont participé au siège du Pôle Sud ne sont que la suite de celle qu'il conçut puis effectua, avec les

moyens les plus précaires, sur son navire la *Belgica* en 1897-1899. Après trois années de minutieuse préparation et notamment des voyages d'études vers Jan Mayen et la mer du Groenland, A. de Gerlache conduisit l'Expédition antarctique belge dans le secteur sud-américain. Un détroit, qui à juste titre porte son nom, fut découvert et exploré; se lançant avec un courage téméraire dans la banquise, il affronta ses terreurs et surmonta les dangers et les difficultés qui l'accueillirent. L'hiver antarctique avait été violé. Les publications magnifiques de cette expédition mémorable qu'il contribua à mettre en valeur furent une révélation; elles resteront comme un monument scientifique de tout premier ordre.

En 1901, sur le yacht belge *Selika*, accompagné des naturalistes français Jules Bonnier et Charles Perez, il se rendit au Golfe Persique et permit à ses collaborateurs de rapporter d'abondantes collections zoologiques. En 1905, de Gerlache commanda de nouveau la *Belgica* achetée et armée par M[gr] le duc d'Orléans pour ses expéditions arctiques; nos compatriotes le D[r] Récamier et le peintre Mérite en faisaient partie. Pour la première fois un navire traversa la banquise, du Spitzberg à la côte orientale du Groenland, qui fut atteinte à 100 milles plus haut qu'on ne l'avait fait auparavant; un banc sous-marin et des terres nouvelles, qui portent désormais des noms français, furent ainsi découverts. La *Belgica* longea ensuite la côte Est toujours dans les glaces. Les travaux scientifiques pendant cette longue randonnée furent poursuivis sans interruption; observations ainsi que collections recueillies sont d'une richesse considérable dont nos laboratoires et notre Muséum ont surtout profité.

En 1907 puis en 1909 toujours dans les mêmes conditions et avec d'aussi beaux résultats, la *Belgica* travailla dans les mers de Barentz et de Kara, puis de nouveau dans la banquise du Groenland.

A. de Gerlache n'a jamais ménagé ses conseils et son activité aux explorateurs polaires; les Expéditions antarctiques françaises de 1903-1905 et de 1908-1910, qui se sont efforcées de continuer son œuvre, en ont largement profité ainsi que l'Expédition de 1914 de Sir Ernest Shackleton.

Le navigateur-explorateur belge fit son devoir pendant la guerre; il consacra ses dernières années à la mise en valeur de ses travaux et à l'organisation de la Marine marchande de son pays. Il ne resta jamais dans l'inactivité. Tant en Belgique qu'à l'étranger, de Gerlache ne quémanda ni honneurs, ni récompenses, mais, bien que parfois un peu tardivement, ils lui furent justement prodigués et l'énumération de ses fonctions et distinc-

tions prouve avec quelle haute et méritée estime son nom fut honoré de son vivant comme sa mémoire le sera désormais.

Grand ami de la France, qu'il considérait et servait comme sa seconde patrie, le baron Adrien de Gerlache était officier de la Légion d'honneur, grande médaille d'or de notre Société de Géographie : en 1929, il fut élu Correspondant de l'Académie pour la Section de Géographie et Navigation.

LITHOLOGIE. — *Sur la découverte de tectites à la Côte d'Ivoire.* Note de M. **A. Lacroix.**

Sir Edgeworth David, H. S. Summers et G. A. Ampt ont fait remarquer ([1]), en 1927, que les régions alors connues comme renfermant des gisements de *tectites* sont alignées sur un grand cercle terrestre, orienté Nord 40° Ouest, ou distribuées à 10° environ de part et d'autre de celui-ci. Ils en ont conclu que, dans l'hypothèse d'une origine cosmique, les tectites ont dû être semées par un météore faisant le tour de la Terre suivant une trajectoire correspondant à ce grand cercle.

Je me suis servi de cette suggestion comme hypothèse de travail dans mes Mémoires sur les tectites de l'Indochine. Les gisements que j'ai signalés, à partir de 1928, et qui se sont rapidement multipliés depuis lors au Cambodge, au Laos, en Annam, au Tonkin, puis au Siam, dans le Kouang-Tchéou-Wan et dans les îles voisines (Tan Hai, Hai Nan) et plus récemment aux Philippines, rentrent dans ce schéma, mais élargissent vers le Nord-Est la zone de distribution.

J'ai fait toutefois remarquer ([2]) que pour intéressante que soit cette suggestion, afin de lui donner l'importance d'une démonstration, il faudrait prouver qu'il y a eu synchronisme dans la chute de toutes les tectites; or si elles se trouvent toutes dans des conditions géologiques comparables, l'âge absolu des alluvions qui les renferment n'a pu être déterminé. Il n'est pas certain qu'elles soient toutes du même âge, que toutes résultent d'un seul et même phénomène.

([1]) *Proceed. Royal Soc. Victoria* (N. S.), 39, Part II, 1927, p. 167.

([2]) *Les tectites de l'Indochine* (*Arch. Muséum Hist. nat.*, 6e série, 8, 1932, p. 228).

La solution de ce problème d'événements *cosmiques* se résume donc dans une question de stratigraphie *terrestre*.

Une semblable démonstration n'a pu être faite jusqu'ici en Indochine, les alluvions qui renferment les tectites étant dépourvues de fossiles, mais elle vient d'être effectuée par M. Robert Janoschek [1] pour les couches à moldavites de Moravie. Il a montré que, conformément à une idée ancienne de M. Franz E. Suess, elles représentent les restes, épargnés par l'érosion, d'une couverture autrefois très étendue de sédiments clastiques à *Oconphora socialis*, d'âge *helvétien;* les moldavites les caractérisent à la façon de fossiles. Il faut donc en conclure que la chute des moldavites a été séparée par un laps de temps considérable de celle des tectites indochinoises, indomalaises et australiennes, qui sont plus récentes, probablement d'âge *quaternaire*.

Les observations qui font l'objet de la présente Note apportent sur cette question des notions nouvelles d'un autre ordre.

Il s'agit, en effet, de gisements nouveaux de tectites qui ne rentrent pas dans le schéma géographique précité. Ils se trouvent, en effet, en Afrique Occidentale. Au début de cette année, M. F. Blanchet m'a rapporté plusieurs échantillons recueillis par lui dans le cercle de la *Côte d'Ivoire* qu'il commandait.

Ils proviennent du village Akakoumoekrou, situé au bord de la Comoé, sur la route reliant Dimbrokro à Boudoukou (subdivision de Ouellé, cercle de N'Zicomoé).

M. le gouverneur Reste, ayant bien voulu s'intéresser à la question, a ordonné des recherches dans cette région et vient de m'envoyer une série d'échantillons provenant, non plus du nord-est d'Ouellé comme les précédents, mais des alentours de ce poste (Bayassou, Kodi) ou plus au sud (Amoroki, Kongoti, à 20^{km}; Anoumbo, à 26^{km}; Daoukro, à 30^{km}; Gagou, à 31^{km}), et au sud-ouest (Dékikro, 26^{km}; Agni-Assikasso, à 30^{km}).

Tous ces gisements sont situés dans un rayon d'une quarantaine de kilomètres autour de Ouellé, dans une région de schistes cristallins et de granites; les tectites y sont très clairsemées dans des alluvions quartzeuses, à une profondeur n'excédant pas 1^{m}. Ces alluvions sont aurifères et exploitées comme telles par des indigènes.

---

(1) *Akad. Wissensch. Wien, Mathem.-Naturw. Klasse* (*Akad. Anzeiger*, n° 17, 28 juin 1934).

Tous les échantillons que j'ai examinés, et dont le plus gros pèse 79 grammes, sont sphériques, ovoïdes ou plus ou moins aplatis. Leur surface est, comme celle des tectites d'Indochine, creusée de cupules de corrosion hémisphériques portant dès qu'elles sont un peu grosses, des cupules de même forme, mais plus petites.

Le plus volumineux des échantillons étudiés présente une particularité qui n'était connue jusqu'ici que dans les billitonites de Billiton. Il s'agit d'une large cupule *en nombril*. La rainure est couverte de petites cupules hémisphériques et le piton central de figures de corrosion allongées parallèlement à sa génératrice.

Le verre constituant ces tectites est noir et exceptionnellement assez transparent sous une faible épaisseur avec une teinte brunâtre. Dépourvu de tout cristallite, il contient fréquemment de petites bulles gazeuses parfaitement sphériques. Un échantillon pesant une dizaine de grammes et moins dense que la moyenne des autres échantillons a été brisé d'un coup de marteau, avec production d'une sorte de petite explosion. Il possédait une bulle centrale unique de 1^{cm} de diamètre. C'est, en petit, la reproduction du phénomène signalé jadis par Damour sur une grosse sphère de tectite de Malaisie.

Je donne ci-dessous les analyses préliminaires de trois échantillons de ces nouvelles tectites. Elles ont été faites par M. Raoult.

1. Akakoumoekrou II.3.3.3
2. Près d'Ouellé .... II.3.2.(3)4
3. Akakoumoekrou II.3.3.4

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MnO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	TiO^2.	H^2O (+).	H^2O (—).	Total.
1...	68,00	16,46	–	6,08	0,09	3,38	2,00	1,45	1,84	0,80	0,13	0,14	100,37
2...	68,60	15,80	0,18	6,46	0,06	2,88	1,40	2,35	1,92	0,80	–	–	100,45
3...	76,56	11,54	0,17	3,99	0,08	3,60	1,62	1,32	0,82	0,60	0,22	0,07	100,59

SiO^2 libre.	Al^2O^3.	An %.	O^2/Pl.	Σ_b.	Densité.	n (Na).
38,94	8,57	45	0,48	19,95	2,517	1,5178
35,58	7,34	25	0,39	19,51	2,487	1,5146
54,00	5,51	42	0,2	16,79	2,4	1,4991

Les caractéristiques chimicominéralogiques générales sont celles des tectites des régions antérieurement connues, mais avec des particularités spéciales. Dans les analyses 1 et 2, la teneur en silice totale est un peu faible, alors qu'elle est exceptionnellement élevée dans 3, par rapport aux tectites indochinoises.

La teneur en alumine totale de 1 et 2 est plus élevée que celle qui est habituelle et la quantité d'alumine libre virtuelle est aussi plus grande. Il en est de même pour la proportion de fer et de magnésie. A l'inverse de ce qui a lieu d'ordinaire, la magnésie est plus abondante que la chaux. Enfin et surtout si dans l'analyse 1 la teneur en potasse est supérieure à celle en soude, comme dans toutes les tectites étudiées jusqu'ici, l'inverse a lieu pour les deux autres analyses. Il en résulte que le quatrième paramètre varie plus dans ces trois échantillons analysés que dans l'ensemble des tectites des divers centres décrits jusqu'ici; tandis que dans celles-ci le rapport des feldspaths virtuels est généralement *monzonitique*, il est ici *dacitique*.

La signification de ces différences gagnera à n'être discutée que lorsque des documents plus nombreux auront été réunis. Il est probable que, comme cela a eu lieu en Indochine, une fois ces premiers gisements découverts, il en sera bientôt trouvé d'autres. Il est vrai qu'à la Côte d'Ivoire, l'épaisseur de la couverture forestière ne facilitera pas les recherches.

Notons que, comme dans toutes les régions à tectites dont je me suis occupé jusqu'ici, la présence de ces petits fragments de verre n'avait pas échappé aux indigènes. Le folklore du pays devait donc être interrogé, même s'il ne devait pas nous apporter de notions utilisables.

Dans la langue baoulé, les tectites sont désignées sous le nom d'*agna*. Tandis qu'en Extrême Orient, les indigènes leur attachent une idée astrale (pierres de lune, excréments d'étoile etc.), les Baoulés leur attribuent une signification plus terre à terre; orpailleurs, ils les considèrent du point de vue de leur intérêt immédiat. La présence de ces produits, aussi rares que l'or qu'ils cherchent, est pour eux l'indice de la richesse en métal jaune. Ils prétendent qu'à leur vue une angoisse saisit le mineur, comme s'il s'en échappait quelque effluve délétère. Certains en seraient morts!

Et voilà pourquoi ils recueillent avec soin, pour les conserver dans leurs cases, ces petites pierres noires si précieuses à leurs yeux et c'est grâce à cette circonstance que nous devons d'avoir pu les étudier.

SPECTROSCOPIE. — *Relation simple et générale du spectre moléculaire avec les électrons et anneaux d'électrons des atomes constituants.* Note de M. H. **Deslandres.**

I. Cette Note est la suite des Notes publiées sous le même titre le 11 juin et le 6 août 1934; elle expose des vérifications et applications nouvelles de la formule (1) ci-dessous :

$$\nu \text{ en } \mathrm{cm}^{-1} = q d_1 / r' s' \tag{1}$$

qui relie chaque fréquence infrarouge ν de la molécule aux électrons et anneaux d'électrons qui entourent le noyau de l'un de ses atomes; d_1 est la constante universelle 1062,5 et s' le nombre des électrons qui sont contenus dans les anneaux excités par un atome voisin de la molécule; q est un nombre entier, et r' un nombre entier en général petit. Pour éviter les redites, je prie le lecteur de se reporter aux deux Notes précédentes.

La formule (1) a été déduite de l'observation seule, et elle conduit à des idées nouvelles sur la genèse des radiations émises par la molécule et sur la formation de la molécule elle-même; elle implique certaines conditions que doivent remplir les atomes constituants.

Les théories électroniques de Kossel, Langmuir et Lewis et aussi les théories quantiques font intervenir seulement les électrons du premier anneau dans les atomes de la molécule, les anneaux étant comptés à partir de l'extérieur; mais l'étude des fréquences émises montre que les autres électrons, plus rapprochés du noyau, ont une influence presque égale. Il y a là une première différence avec les recherches antérieures; de plus la fréquence émise est sous la dépendance d'une loi simple; elle varie en raison inverse du nombre total des électrons excités.

Chaque atome de la molécule a ainsi ses fréquences propres, liées à ses électrons excités, et les autres atomes interviendraient seulement pour provoquer l'excitation, d'autant mieux que leur masse est plus forte.

Mais, évidemment, les fréquences des atomes ou des groupes d'atomes qui forment la molécule doivent être en accord; ce qui est réalisé le mieux possible, lorsque les électrons excités dans ces groupes sont en nombre égal. Cette condition nouvelle, énoncée déjà en avril dernier, est importante; lorsqu'elle est remplie, elle entraîne une bonne stabilité de la molécule; elle est satisfaite avec la plupart des molécules étudiées dans les Notes précédentes.

Cependant la molécule est encore plus stable quand elle a la structure des gaz rares et offre un premier anneau formé de huit électrons. Si l'on tient compte en même temps de la condition précédente, on peut expliquer simplement les variations de la valence chimique dans les corps simples des deux premières périodes de Mendeleef. La valence d'un élément, comme on sait, est le nombre d'atomes d'hydrogène que l'élément peut s'attacher. Or, dans les quatre premiers éléments de la première période Li, Be, B, C, le premier anneau a respectivement 1, 2, 3 et 4 électrons; d'où la nécessité d'avoir respectivement 1, 2, 3 et 4 atomes de H, associés à l'élément, pour réaliser l'égalité des électrons excités dans les deux parties de la molécule. Avec les autres éléments de la période, la valence au contraire diminue de 4 à 1; car les molécules CH^4, NH^3, OH^2 et PH ont le nombre d'électrons du gaz rare le néon, et la stabilité maxima. Avec un nombre plus grand d'atomes H, la vie de ces molécules serait très courte.

La molécule, dont les atomes ont une certaine mobilité, les répartit souvent en deux groupes qui ont des fréquences égales. Autrement, si s'_1 et s'_2 sont les nombres des électrons excitables dans les deux groupes, la fréquence d_1/s'_1 d'un groupe se divise en parties égales pour assurer l'égalité des deux fréquences, d'où le nombre entier r'; ou encore la fréquence de la molécule est un multiple de $d_1/s'_1 \times '_2$.

Les électrons de l'atome sont excités par anneaux; or l'anneau de 8 électrons a des subdivisions de 6 et de 2 électrons, qui se retrouvent dans les fréquences de la molécule. Ainsi avec l'atome Cl examiné plus loin, les nombres d'électrons excités peuvent être 7 premier anneau, ou Cl1a; 15 ou Cl2a, 17 ou Cl3a. Avec les subdivisions on a les nombres 5 ou Cl2a', 13 ou Cl2a', l'abréviation a' représentant le cas où le dernier anneau excité est diminué de deux électrons.

A l'appui de ces remarques, on peut présenter plusieurs spectres du Tableau X ci-après.

II. La formule (1) a été vérifiée déjà sur plusieurs molécules simples, la plupart diatomiques, et en particulier sur les molécules A^2 dont les deux atomes A sont identiques. Or, actuellement, on connaît les spectres Raman de plus de 500 molécules, la plupart organiques et assez complexes. J'ai analysé un grand nombre de ces spectres, en recherchant pour chaque fréquence émise les nombres $r's'$ qui, portés dans la formule, reproduisent cette fréquence avec un résidu acceptable. La formule (1) est encore vérifiée, et, parmi les molécules étudiées, il en est qui ont plus de 10 atomes et plus de 80 électrons. J'ai réuni dans le Tableau X ci-après quelques

Tableau X. — *Fréquences infrarouges de molécules.*

Molécule et mode d'excitation.	Fréquence de la raie en cm^{-1} et intensité entre ( ).	Multiple de $d_1/r's'$ et résidu.	Nombre s' d'électrons excités dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre de leurs anneaux (a.).	
H^2 vapeur, Raman...	3654 (10) =	$31 d_1/\ 9 \qquad - 5,7$	9 de O^- 2 a. ou OH et 1 de H^{2+} ou H	dans OH^2
	» =	$55 d_1/\ 8 \times 2 + 1,7$	8 de O 2 a. ou O^{--} 1 a. et 2 de H^2	dans OH^2
	» =	$196 d_1/19 \times 3 + 0,5$	19 de O^2H^{2-} 2 a. et 1 de H^{2+}	dans $(OH^2)^2$
H^2O solution, Raman.	1461 (1) =	$11 d_1/\ 8 \qquad - 2,0$	8 de CH^2 2 a. et O 2 a.	dans CH^2O
	1768 (1) =	$5 d_1/\ 3 \qquad - 2,8$	6 de CH^2 1 a. et O 1 a.	dans CH^2O
	2945 (1) =	$97 d_1/\ 7 \times 5 + 0,4$	7 de CH^{2-} 1 a. et 5 de O^+ 1 a.	dans CH^2O
	910 (0) =	$6 d_1/\ 7 \qquad - 0,7$	» »	dans CH^2O
	1039 (0) =	$44 d_1/15 \times 3 + 0,1$	15 de CH^2O^+ 2 a. et de CH^2 2 a. et O^- 1 a'.	dans $(CH^2O)^2$
H^3OH liquide, Raman.	2835 (6) =	$8 d_1/\ 3 \qquad + 1,7$	9 de CH^3 2 a. et OH 2 a.	dans CH^4O
	1034 (5) =	$35 d_1/\ 9 \times 4 + 1,0$	» »	dans CH^4O
	1462 (5) =	$11 d_1/\ 8 \qquad - 1,0$	8 de CH^{3+} 2 a. et OH^- 1 a.	dans CH^4O
	2943 (5) =	$36 d_1/13 \qquad + 0,7$	13 de CH^3O 1 a. et 1 de H	dans CH^4O
	3388 (5) =	$51 d_1/\ 8 \times 2 + 1,3$	8 de CH^{3+} 2 a. et OH^- 1 a.	dans CH^4O
	» =	$67 d_1/\ 7 \times 3 - 1,9$	7 de CH^3 1 a. et OH 1 a. et 3 de H^3 et C 2 a.	dans CH^4O
	1362 (0) =	$9 d_1/\ 7 \qquad - 4,1$	7 de CH^3 1 a. et OH 1 a.	dans CH^4O
	» =	$41 d_1/\ 8 \times 4 + 0,7$	8 de CH^{3+} 2 a. et OH^- 1 a.	dans CH^4O
CH^3 gaz, Raman....	712 (10) =	$2 d_1/\ 3 \qquad + 3,7$	3 de H^3, 6 de C 2 a., 9 de CH^3 2 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$14 d_1/\ 7 \times 3 + 3,7$	7 de CH^3 1 a. et de Cl 1 a.	dans $ClCH^3$
	2955 (10) =	$25 d_1/\ 9 \qquad + 3,6$	9 de CH^3 2 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$89 d_1/\ 8 \times 4 - 0,1$	8 de CH^{3+} 2 a. et de Cl^- 1 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$142 d_1/17 \times 3 - 3,3$	17 de Cl 3 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$139 d_1/25 \times 2 + 1,8$	25 de $ClCH^2$ 3 a. et 1 de H	dans $ClCH^3$
	1098 (2) =	$31 d_1/15 \times 2 + 0,1$	15 de Cl 2 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$33 d_1/\ 8 \times 4 + 2,3$	8 de CH^{3+} 2 a. et de Cl^- 1 a.	dans $ClCH^3$
	2815 (2) =	$45 d_1/17 \qquad + 2,5$	17 de Cl 3 a.	dans $ClCH^3$
	» =	$106 d_1/\ 8 \times 5 - 0,6$	8 de CH^{3+} 2 a. et de Cl^- 1 a.	dans $ClCH^3$
	3024 (2) =	$37 d_1/13 \qquad + 0,0$	13 de Cl 2 a'.	dans $ClCH^3$
Cl^2, Raman.........	451 (10) =	$11 d_1/13 \times 2 + 1,5$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$14 d_1/33 \qquad + 0,2$	33 de S^{2-} 3 a. et de Cl^{2+} 3 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$23 d_1/\ 9 \times 6 - 1,6$	9 de S^{2-} 1 a'. et de Cl^{2+} 1 a'.	dans S^2Cl^2
	110 (7) =	$d_1/\ 9 \qquad - 8,1$	» »	dans S^2Cl^2
	» =	$3 d_1/29 \qquad + 0,1$	29 de S^{2-} 2 a. et de Cl^{2+} 2 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$4 d_1/13 \times 3 + 1,0$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$5 d_1/25 \times 2 + 3,8$	25 de S^{2-} 2 a'. et de Cl^{2+} 2 a'.	dans S^2Cl^2
	200 (5) =	$5 d_1/13 \times 2 - 4,3$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2
	» =	$5 d_1/\ 9 \times 3 + 3,2$	9 de S^{2-} 1 a'. et de Cl^{2+} 1 a'.	dans S^2Cl^2
	» =	$58 d_1/29 \times 2 - 1,5$	29 de S^{2-} 2 a. et de Cl^{2+} 2 a.	dans S^2Cl^2
	247 (2) =	$2 d_1/\ 9 \qquad + 10,9$	9 de S^{2-} 1 a'. et de Cl^{2+} 1 a'.	dans S^2Cl^2
	» =	$3 d_1/13 \qquad + 1,8$	13 de S^{2-} 1 a. et de Cl^{2+} 1 a.	dans S^2Cl^2

molécules intéressantes, en commençant par les plus simples. Les fréquences sont tirées de l'ouvrage de Kohlrausch.

Le premier corps du tableau est la vapeur d'eau OH^2, qui a une seule fréquence Raman, rattachée, comme il est naturel, à $d_1/8$ et $d_1/9$. La même fréquence est émise par le dimère $(OH^2)^2$. Les trois corps qui suivent, la formaldéhyde CH^2O, l'alcool méthylique CH^3OH et le chlorure de méthyle $ClCH^3$, ont un spectre plus riche et un nombre croissant d'électrons; la dernière colonne indique les groupes d'électrons auxquels chaque fréquence est attribuée. Comme on l'a noté déjà, chaque fréquence, en général, peut être rattachée à des arrangements différents des atomes et électrons dans la molécule. Les petites différences entre les fréquences de ces arrangements peuvent tenir à plusieurs causes et à celles-ci en particulier : la dispersion des premiers spectrographes a été insuffisante pour les séparer, ou les fréquences normales sont légèrement forcées, de manière à réaliser leur égalité.

Cette analyse spéciale, appuyée sur les divisions naturelles des électrons, permet d'expliquer ou même de prévoir des particularités intéressantes des molécules et de leurs spectres. Ainsi les deux molécules $ClCH^3$ et $SHCH^3$ qui ont le même nombre d'électrons, Cl étant remplacé par SH, sont à rapprocher; elles ont des radiations communes.

La molécule N^3H est, par ses propriétés chimiques, voisine de ClH. Or les nombres des électrons excitables dans les deux composés sont les mêmes; $N^3 1a$ et $Cl 2a$, sont égaux à 15. $N^3 2a$ est égal à 21, et la radiation Raman unique de ClH est rattachée à $d_1/15$, $d_1/21$ et $d_1/32$. Le spectre Raman de N^3H, qui n'est pas encore connu, sera probablement aussi rattaché aux mêmes nombres.

L'étude des composés du soufre et du chlore est intéressante. Avec S les nombres des électrons excitables sont 6, 14 et 16 et avec Cl, 7, 15 et 17. Il y a égalité des électrons seulement avec le composé SCl^2, pour $S2a$ et $Cl^2 1a$; il y a un certain accord des électrons avec SCl et SCl^4, mais la stabilité doit être faible. Les chimistes n'ont pas isolé SCl, mais S^2Cl^2; car, avec S^{2-} et Cl^{2+}, on a l'égalité des électrons et une attraction électrostatique; pour S^{2-} et Cl^{2+}, les nombres d'électrons sont 13, 29 et 33; et, si l'on considère les sous-anneaux, 9 et 25. Le Tableau X montre que les 4 radiations de S^2Cl^2 sont rattachées à ces 5 nombres.

Dans une Note prochaine, je montrerai que l'on peut expliquer de la même manière les 11 fréquences du benzène, qui a 12 atomes avec 42 électrons.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles expériences sur les germinations des graines de Pomme de terre en montagne* (1934). Note de MM. **Julien Costantin, Joseph Bouget** et **Joseph Magrou.**

Nous avons repris en 1934 nos expériences antérieures sur la culture de la Pomme de terre issue de semis de graines dans diverses stations pyrénéennes. Rappelons qu'en 1933, nous avions observé une abondante production de mycorhizes endotrophes chez des plantules issues de graines, élevées dans une terre de prairie prélevée à 2000^m et vierge de toute culture [1]. L'étude microscopique des plantes de 1934 n'étant pas encore faite, nous nous bornerons, dans la présente Note, à donner les résultats numériques de nos cultures.

Les graines nous ont été encore fournies par M. Louis de Vilmorin, ainsi que les plants mis en germination dès le 26 février 1934 à Verrières-le-Buisson (S.-et-O.).

I. Graines :

Elles ont été semées le 26 mai à 1400^m (au Peyras) et à 560^m (à Bagnères-de-Bigorre), en *terre vierge*, prélevée non à 2000^m, mais à 1500^m.

A. *Au Peyras* (à 1400^m). — Repiquage, 25 juin; plantation en plein champ (terre ordinaire), 18 juillet; arrachage, 15 octobre 1934. Durée de la culture, 4 mois et 20 jours : 142 jours.

Rendements (*semis en terre vierge*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules.	Poids total.	Rendements moyens par pied.
Betula	6	109	1350^g	225^g
Maréchal Franchet d'Esperey	6	102	1250^g	208^g
Quarantaine de la Halle	4	117	450^g	75^g
Roode Industrie	gelés	gelés	néant	néant

Le 3 et le 4 août, le thermomètre a marqué — 5° au Pic du Midi et la neige est descendue à 1700^m; *Roode Industrie* a été gelé, les trois autres variétés, bien que

(1) J. Costantin, J. Magrou, J. Bouget et Mlle V. Jaudel, *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1195.

touchées par le froid, ont continué à donner une faible végétation et se sont desséchées le 8 septembre.

B. *A Bagnères-de-Bigorre* (560^m). — Repiquage, 25 juin; plantation en plein champ (terre ordinaire), 17 juillet; arrachage, 8 novembre 1934. Durée de la culture, 5 mois et 13 jours : 166 jours.

RENDEMENTS (*semis en terre vierge*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules.	Poids total.	Rendements moyens par pied.
Betula	5	60 (4 gâtés)	480^g	96^g
Maréchal Franchet d'Esperey	6	78	750	125
Quarantaine de la Halle	3	44	100	33
Roode Industrie	1	10	130	130

Les Courtillères ont fait périr une partie des plantules; il n'est resté intact que *Maréchal Franchet d'Esperey*. Un pied de cette variété a produit, à lui seul, 24 tubercules, d'un poids total de 270^g; il est à noter que, lors du buttage de ce pied, *on avait mélangé de la terre vierge à la terre ordinaire*. Cette plante n'était pas moins remarquable par le développement de ses parties aériennes : après 166 jours de végétation en terre vierge, elle avait fleuri et atteignait 83^{cm} de haut, avec grandes feuilles.

II. PLANTS :

Les graines ont été semées le 26 février 1934 à Verrières-le-Buisson; les plants obtenus ont été expédiés dans les Pyrénées et mis non plus en terre vierge, mais *en terre de champ ordinaire*.

A. *Au Peyras* (à 1400^m). — Repiquage dans les Pyrénées, 20 mai; plantation dans le champ, 7 juin; arrachage, 7 novembre 1934. Durée de la culture (depuis le 25 février), 8 mois et 10 jours : 255 jours.

RENDEMENTS (*en terre ordinaire, probablement avec Champignons*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules.	Poids total.	Rendement moyen au pied.
Rosafolia	6	91	2070^g	315^g
Mine d'or	6	110	1110	183
Deodora	6	89	1180	196
Pepo	6	97	1050	175
Cellini	6	115	1950	325
Blanchard	6	zéro	zéro	zéro

Vraisemblablement les champignons symboliques des hautes altitudes y existent,

c'est pour cela qu'on a de si forts rendements; l'étude microscopique apprendra si c'est exact.

La variété *Blanchard* a été touchée par le froid du 3 au 4 août; jusque-là, elle avait donné une belle végétation; au début de septembre les pieds se sont desséchés et l'on n'a trouvé aucun tubercule à l'arrachage.

A l'arrachage, *Cellini*, *Mine d'or* et *Pepo* étaient encore en pleine végétation. Les tiges de *Deodora* et de *Rosa folia* étaient desséchées.

B. *A Bagnères-de-Bigorre* (560^{m}). — Repiquage, 20 mai; plantation en plein champ, 6 juin; arrachage 8 novembre 1934, Durée de la végétation (depuis le 26 février), 8 mois et 11 jours : 256 jours.

Rendements (*en terre ordinaire à Champignons absents ou très rares*).

Variétés.	Nombre de pieds.	Nombre de tubercules (souterrains).	Poids total.	Rendements moyens au pied.
Rosa folia.....	6	zéro	zéro	zéro
Mine d'or.....	6	zéro	zéro	zéro
Deodora	6	2 petits tuber.	non pesé	non déterminé
Pepo.........	6	4 »	»	»
Cellini........	6	zéro	zéro	zéro
Blanchard.....	6 4 sont morts	petits tuber. aériens rouges et ronds	non pesé	non déterminé

Il est très probable que les Champignons symbiotiques sont inexistants ou rares; l'étude microscopique renseignera sur ce point.

Il est à noter que *Mine d'or* a présenté sur les stolons aériens trois renflements tubérisés; *Rosafolia* en a présenté un seul; deux pieds de *Cellini* en ont donné de rouges et ovales.

III. Comparaison avec les résultats de 1933 :

Des différences notables sont à signaler entre les deux années culturales 1933 et 1934.

En 1933, à 1400^{m}, les plants Vilmorin germés à Verrières et transportés en montagne en terre de champ ont tubérisé beaucoup plus abondamment que les plantules issues de graines semées en terre vierge et conservées dans cette même terre durant toute leur végétation. A 560^{m}, toutes les plantules issues de graines et tous les plants germés d'abord à Verrières sont morts sans tubériser, déchéance qui paraît en rapport avec une sécheresse excessive, comme on n'en avait pas vu depuis 1899 (ayant duré du 3 juillet au 8 septembre).

En 1934, à 1400^{m}, les plantules issues de graines germées en terre vierge, repiqués d'abord en terre vierge, puis en terre de champ, aussi bien que les

plants germés à Verrières et repiqués en montagne (en terre de champ également), ont donné des tubercules en quantité très notable. A 560^m, les plants issus de graines semées en terre vierge ont tubérisé assez abondamment, tandis que les plants germés à Verrières et transportés ensuite en terre de champ ont subsisté jusqu'en novembre sans tubériser (à de très rares tubercules près; un pied de *Cellini* avait 10^{cm} de haut, à petites feuilles, zéro tubercule au bout de 8 mois et 11 jours de végétation). A l'altitude de 560^m, la végétation initiale en terre vierge paraît donc avoir exercé une influence favorable sur la tubérisation (un pied de *Maréchal Franchet d'Esperey* avait 83^{cm}, de grandes feuilles, 24 tubercules pesant 270^g au bout de 5 mois et 13 jours de végétation). Dans les mêmes conditions culturales, les rendements se sont toutefois montrés un peu supérieurs à 1400^m (influence possible de l'altitude).

Nous nous proposons de rechercher, par l'étude microscopique des racines, si les plants cultivés en terre vierge présentent, comme en 1933, des mycorhizes, et s'il existe une relation entre la symbiose et le mode de végétation.

SÉROTHÉRAPIE. — *La streptococcémie et la méningite suppurée à streptocoques. Action du sérum antistreptococcique dans ces états infectieux.* Note de M. **Hyacinthe Vincent.**

L'homme présente, pour le streptocoque, une réceptivité spéciale qui se traduit par la très grande fréquence des états infectieux que détermine ce microbe pathogène. S'il était possible d'établir un relevé exact des décès qui lui sont imputables comme agent d'infection primitive ou secondaire, on constaterait que le streptocoque se classe parmi les microorganismes les plus dangereux pour l'espèce humaine.

Ces raisons m'ont conduit à rechercher une méthode sérothérapique qui permît de combattre efficacement les maladies dont il est responsable.

La difficulté considérable qu'a présentée jusqu'ici la préparation d'un sérum antistreptococcique actif résulte du caractère peu antigène du microbe, de sa ténacité et de sa résistance excessive, *in vivo*, aux moyens de destruction biologiques ou médicamenteux qu'on lui a opposés. D'autre part, le streptocoque trouve dans le sang des septicémiques un milieu de culture très peu favorable; mais il est déversé incessamment dans la grande circulation par le foyer originel chirurgical ou médical où il s'est d'abord

cultivé (plaie, otite, angine, sinusite, thrombo-phlébite, lésions buccale, intestinale; plaie utéro-placentaire *post partum* et *post abortum*, etc.; broncho-pneumonie, scarlatine, rougeole, etc.). D'autres fois, il s'entretient à la surface de l'endocarde, d'un gros vaisseau, ou dans un foyer viscéral ou tissulaire pour se répandre également, d'une manière continue, dans le circuit sanguin.

Le sérum que j'ai préparé est obtenu par l'inoculation, aux chevaux, de races virulentes de streptocoques extraits de lésions humaines, en particulier chez des malades atteints de formes graves d'infection (*S. hemolyticus*, *S. viridans*, *S.* γ de Smith et Brown), compte non tenu de leurs propriétés fermentatives pour les sucres ou de leur action réductrice ou non sur le rouge neutre, qui paraissent accessoires. Leur émulsion est injectée à doses progressives au cheval. Le titrage du sérum est fait d'après ses propriété bactéricides, mais il n'existe, à vrai dire, aucune méthode qui permette de faire un titrage rigoureux. Par contre son efficacité chez les malades atteints de streptococcie est très élevée. Il est antitoxique et antimicrobien.

Chez les malades atteints de streptococcie grave, les symptômes d'intoxication microbienne s'atténuent les premiers, sous l'influence des injections quotidiennes de l'antisérum (100^{cm^3}). Les troubles nerveux, la prostration ou l'agitation, le délire, la dyspnée toxique, la tachycardie régressent, en effet, parfois après un jour, ou bien aux deuxième ou troisième jours. Les grands frissons quotidiens cessent dès la première injection. Toutefois, la fièvre persiste encore. La stérilisation du sang est généralement obtenue du sixième au onzième jour du traitement régulièrement poursuivi, parfois plus tôt, très rarement plus tard. La guérison, lorsqu'elle se produit, est d'autant plus rapide que la sérothérapie est appliquée plus précocement. Les injections intraveineuses, lorsqu'elles sont possibles, sont les plus efficaces.

J'ai fait connaître dans un ensemble de publications, dont la première a été présentée à l'Académie des Sciences [1], les effets exceptionnellement favorables dus à l'emploi de cette méthode. Les expressions les plus variées et les plus malignes de la streptococcie cèdent le plus habituellement à son emploi méthodique et continu.

Il est deux manifestations fréquentes de l'infection streptococcique qui comportent un pronostic habituellement fatal : ce sont la septicémie et la méningite ou la méningo-encéphalite aiguës, avec ou sans abcès cérébral.

---

[1] H. Vincent, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1348.

Bien que certaines infections fugaces du sang par des streptocoques de faible virulence puissent guérir parfois spontanément, on considère que la septicémie streptococcique amène la mort de la plupart des malades qui en sont atteints. Avant l'emploi du sérum, la septicémie à streptocoques était « d'un pronostic effroyable » (G. Étienne). Quant à la méningite à streptocoques, on n'en connaissait pas, jusqu'ici, d'exemple de guérison.

En conséquence, le critère le plus sûr de l'activité de cette méthode sérothérapique est donné, non par le traitement des formes banales de streptococcie, telles que l'érysipèle [1], mais par ses effets thérapeutiques dans les formes essentiellement pernicieuses de l'infection, savoir dans la *septicémie* vérifiée et dans la *méningite* ou la *méningo-encéphalite suppurées*.

Je ne retiendrai donc ici que les résultats observés dans le traitement de ces dernières infections [2]. Les documents sur lesquels est fondée cette étude sont les publications, aujourd'hui très nombreuses, parues sur les effets de cette méthode et, d'autre part, les observations cliniques qui m'ont été adressées par les médecins témoins de ces cas.

En vue de donner à cette statistique une rigueur aussi complète que possible, on y a fait entrer un nombre appréciable de décès qui, à la vérité, eussent pu en être écartés [3].

Bien que ces derniers décès aient été portés au passif de la méthode, cependant les résultats généraux fournis par le sérum antistreptococcique demeurent très satisfaisants. En effet, la plus forte proportion des malades, dont l'état était uniformément considéré comme désespéré, a guéri sous l'influence de cette méthode sérothérapique.

Le nombre total des *septicémiques* et des *méningitiques* soumis à ce trai-

---

(1) Cependant l'érysipèle ombilical du nouveau-né est considéré comme mortel. Il m'a été signalé trois observations de cette affection ; ces trois malades ont été guéris par les injections de sérum.

(2) Le sérum est sans action dans l'endocardite lente de Jaccoud-Osler.

(3) J'ai compris, en effet, dans les insuccès de la sérothérapie, des décès survenus chez des malades n'ayant reçu que des doses très insuffisantes (parfois infimes) de sérum ; ou bien, injectés très irrégulièrement, avec de longues interruptions ; ou traités très tardivement (plusieurs l'ont été *in extremis*) ; ou de méningitiques injectés seulement sous la peau, leur maladie réclamant simultanément les injections intrarachidiennes de sérum, etc. Chez plusieurs, le diagnostic de streptococcémie a été porté ; cependant la culture était négative, etc.

Je n'ai pas cru devoir récuser ces cas négatifs, malgré leur technique très imparfaite de traitement ou leur étiologie discutable.

tement a été de 218. Le nombre des guérisons observées chez eux a été de 180. Celui des décès a été de 38.

La proportion générale des guérisons par le sérum antistreptococcique ressortit, en conséquence, à 82,53 *pour cent malades. Celle des décès n'est que de* 17,47 *pour* 100.

Il importe de faire remarquer que, parmi les malades qui ont été guéris, un nombre élevé d'entre eux étaient atteints de formes cliniques et de complications d'une gravité telle qu'il serait difficile d'en envisager de plus redoutable. On en jugera par les exemples suivants : fractures du crâne (3 malades); méningo-encéphalite ou méningite suppurée à streptocoques (7 malades); broncho-pneumonie (16 malades); pleurésie suppurée (8 malades); arthrite suppurée d'une grande articulation (7 malades); péritonite généralisée (1 malade); péricardite suppurée (1 malade); endocardite aiguë récente (7 malades); thrombo-phlébite des sinus ou de la jugulaire (11 cas), néphrite hémorragique, phlegmon de l'orbite, etc.

Chez un certain nombre de ces malades, ces diverses complications étaient associées, ajoutant ainsi à la gravité considérable de l'infection.

Il ne semble pas qu'aucune méthode de traitement, sérothérapique ou autre, ait apporté dans ces infections si graves et à pronostic habituellement mortel, des résultats comparables à ceux que donne l'emploi du sérum antistreptococcique que j'ai étudié.

ÉPIDÉMIOLOGIE. — *L'observation des épidémies tunisiennes des typhus historique et murin et l'étude de leurs virus montrent que ces deux maladies sont étrangères l'une à l'autre.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Paul Giroud**.

L'un de nous a soutenu à plusieurs reprises, ici même, l'opinion que le virus typhique historique et le virus typhique murin, quoique de même origine, se comportent actuellement comme deux maladies étrangères l'une à l'autre.

Il s'est élevé, en particulier, contre l'argumentation qui prétend trouver, dans les réactions du cobaye, la clef du problème. Le cobaye est un *intrus* dans la question; jamais il n'est atteint de typhus dans les conditions naturelles. C'est aux acteurs des deux maladies, homme et poux pour le typhus historique, rats et puces pour le murin, qu'il convient de demander la solution. Nous avons démontré, par preuves multipliées, que, chez aucun de ces êtres, les deux typhus ne se comportent de la même manière.

Ils se comportent différemment aussi dans les conditions de la contagion.

Le typhus murin est commun sur les rats de Tunis; le typhus historique ne se rencontre plus aujourd'hui dans la Régence que sur la population nomade des campagnes éloignées.

Si le typhus murin était capable de se transformer actuellement en typhus historique, on observerait à Tunis des cas humains de typhus d'origine urbaine et, de temps en temps, la population miséreuse des faubourgs n'étant pas entièrement affranchie de ses poux, de petites épidémies à point de départ local. Or, les quelques cas de typhus qu'on observe en ville sont d'origine extérieure. S'il s'en est produit exceptionnellement d'origine murine, ce qui est probable, ils sont passés inaperçus. Une épidémie, même réduite, n'aurait pas échappé à la surveillance du bureau d'hygiène.

Nous avons pensé, d'autre part, que, si le typhus historique et le typhus murin constituaient une maladie unique, les rats des foyers humains en activité et ceux des foyers invétérés anciens, éteints aujourd'hui, devraient être porteurs du virus. Aussi avons-nous entrepris, sur ce point, une enquête au cours de l'été dernier.

Enquête sur des foyers invétérés de typhus, éteints aujourd'hui. — Le bagne de Porto-Farina a été créé en 1890, la colonie pénitentiaire agricole du Djouggar en 1902. Chaque année, jusqu'en 1910, le typhus sévissait avec violence sur les détenus de ces deux établissements et n'épargnait pas leurs gardiens. Dès 1920, il en est disparu du fait des mesures systématiques prises contre les poux.

Si le typhus murin et le typhus historique étaient identiques, il n'y aurait aucune raison pour que ces mesures qui ont libéré du typhus les deux bagnes aient agi en même temps sur le typhus murin qui se transmet de rat à rat par cannibalisme, par les urines ou par les puces. Nous aurions dû, par conséquent, reconnaître l'existence actuelle du virus typhique sur les rats.

Nos recherches ont porté sur 139 exemplaires (Porto-Farina 101, Djouggar 38), appartenant tous à l'espèce *Mus alexandrinus;* elles ont été entièrement négatives.

Enquête sur des foyers typhiques en activité du bled tunisien. — 195 rongeurs (appartenant surtout aux espèces *Mus alexandrinus* et *Mus musculus gentilis*) ont été capturés dans cinq foyers constitués par des douars sur les-

quels le typhus historique sévissait. Aucun de ces animaux n'était porteur d'un virus typhique.

Conclusion. — Aussi bien à Tunis que dans le bled tunisien, les deux typhus dont l'un est urbain, l'autre campagnard, se comportent comme des maladies étrangères l'une à l'autre.

Virus naturels non typhiques des rongeurs de Tunisie. — Au cours de notre enquête, nous avons trouvé, sur quelques rats, un virus inoculable au cobaye, ne se conservant pas sur cet animal par les passages et ne le vaccinant pas vis-à-vis des virus typhiques, donc un virus non typhique. Il serait intéressant de le retrouver et d'en faire l'étude.

Nous avons isolé aussi, d'un rat du Djouggar, le spirochète de Sodoku.

HYDRAULIQUE. — *Sur les éléments linéaires engendrés par les mouvements des fluides à l'intérieur des systèmes en charge.* Note [1] de MM. **Charles Camichel** et **Léopold Escande**.

Les expériences de MM. Crausse et Baubiac sur les régimes transitoires [2] nous ont suggéré l'étude des éléments linéaires engendrés par les mouvements des fluides à l'intérieur des systèmes en charge.

Considérons un système en charge à l'intérieur duquel s'écoule un liquide, dont on peut faire varier arbitrairement le débit. A côté des dimensions purement géométriques du système, le mouvement du fluide peut faire apparaître d'autres éléments linéaires, que nous nous proposons d'examiner dans cette étude, où nous les désignerons pour plus de commodité, par éléments linéaires hydrauliques.

1° Supposons, tout d'abord, que le mouvement considéré ne dépend pas de la viscosité propre du liquide qui s'écoule, ou plus exactement, du nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement; nous savons qu'il en est ainsi, en particulier, lorsque la viscosité est assez petite pour que le mouvement soit irrotationnel, les vitesses dérivant d'un potentiel, ou encore lorsque l'ouvrage fonctionne, au contraire, en ouvrage court, le mouvement étant assez turbulent pour que les pertes d'énergie deviennent indépendantes de la viscosité propre du liquide.

Or, dans le cas d'un système en charge où se produit un écoulement indépendant de la viscosité propre du liquide, la similitude existe toujours, quelle que soit la valeur choisie pour le rapport des vitesses des mouvements s'effectuant dans deux

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) E. Crausse et J. Baubiac, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 456 et 602.

modèles géométriquement semblables dans le rapport λ; si alors, dans un système déterminé, nous considérons les écoulements correspondant à deux vitesses différentes du liquide V_1 et V_2, d'ailleurs quelconques, ces deux mouvements sont nécessairement semblables dans le rapport géométrique $\lambda = 1$. Par suite, à des instants homologues, les lignes de courant sont semblables dans le rapport $\lambda = 1$, c'est-à-dire identiques, et les déplacements élémentaires correspondants ds_1 et ds_2 pendant des intervalles de temps homologues dt_1 et dt_2 sont tels que

$$\frac{ds_1}{ds_2} = \frac{V_1\,dt_1}{V_2\,dt_2} = 1.$$

Il en résulte que tous les éléments linéaires hydrauliques sont, pour les deux mouvements considérés, rigoureusement semblables dans le rapport $\lambda = 1$, c'est-à-dire identiques.

Les vitesses V_1 et V_2 étant quelconques, il en résulte que les éléments linéaires hydrauliques sont indépendants de la vitesse, dans le système considéré, et ne dépendent que des dimensions géométriques de ce système.

Il en résulte, comme conséquence immédiate des lois de similitude, que, dans un tel système, les durées caractéristiques, les périodes par exemple, sont, pour une forme d'ouvrage déterminée, proportionnelles aux dimensions géométriques du système et inversement proportionnelles à la vitesse du mouvement.

2° Supposons maintenant que le mouvement dans le système considéré dépende de la viscosité propre du liquide ou, plus exactement, de la valeur du nombre de Reynolds caractérisant l'écoulement. Un raisonnement identique au précédent montre que, par suite de la loi de Reynolds, la similitude à rapport $\lambda = 1$, dans le système envisagé, n'est possible, pour un liquide donné, que si l'on a $V_1 = V_2$. Autrement dit, si la vitesse change dans un système en charge où s'écoule un liquide visqueux, le mouvement n'est plus forcément semblable à lui-même dans le rapport $\lambda = 1$. Les lignes de courant peuvent ne plus demeurer identiques, les éléments linéaires hydrauliques peuvent varier avec le nombre de Reynolds.

On voit, que dans un système en charge, il y a lieu de distinguer *a priori* deux catégories de dimensions linéaires, celles qui correspondent aux éléments purement géométriques et celles des éléments linéaires hydrauliques.

Tant qne le mouvement considéré demeure indépendant de la viscosité (fluide parfait, mouvement à potentiel des vitesses, régime très turbulent des ouvrages courts), les éléments linéaires hydrauliques ne dépendent que des dimensions géométriques de l'ouvrage et sont donc assimilables à des longueurs caractéristiques de celui-ci, au même titre que ces dernières.

Lorsque la viscosité intervient, les dimensions linéaires hydrauliques deviennent fonction du nombre de Reynolds et varient, par suite, pour un

ouvrage donné, avec la valeur de ce nombre que l'écoulement met en jeu.

On peut résumer ces résultats en disant que les dimensions linéaires hydrauliques δ et les durées caractéristiques T qui leur correspondent sont données, à partir des dimensions géométriques D, des vitesses V et des nombres de Reynolds R caractérisant l'écoulement par des expressions de la forme

$$\delta = D f_1(R) \quad \text{et} \quad T = \frac{D}{V} f_2(R),$$

les fonctions f_1 et f_2 ayant une valeur constante quand la viscosité propre du liquide n'intervient pas dans le mouvement considéré.

Application au sillage d'un cylindre. — Dans le sillage d'un cylindre circulaire en régime permanent, on observe [1], pour des valeurs croissantes du nombre de Reynolds R, des modifications successives du sillage, par suite de l'influence de la viscosité : filets symétriques à l'amont et à l'aval, sans décollement, puis courbes α, β, puis tourbillons alternés de Bénard-Kármán. L'examen de la courbe de Strouhal (R, D/VT), déterminée par MM. Dupin et Teissie Solier [2], montre que le paramètre de Strouhal, d'abord variable avec R, devient constant pour un cylindre donné, lorsque l'on a $R > 400$, ce qui confirme la théorie précédente et indique, en même temps, le moment où la viscosité cesse d'intervenir.

Application aux surfaces de discontinuité. — Dans les ouvrages courts, tels que les coudes de conduite, les faisceaux tubulaires de chaudière, etc., les surfaces limitant les sillages sont immobiles et indépendantes du nombre de Reynolds.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *La Carte physique de la Région polaire du Nord.* Note de M. J. Schokalsky.

Les travaux entrepris durant la deuxième *Année polaire* internationale ont amené avec eux quantité de recherches différentes.

L'Année polaire étant une œuvre physico-géographique, elle a été étroitement liée avec la géographie et de cela vient l'idée d'accompagner les résultats, obtenus par différentes nations d'une œuvre cartographique qui fixerait l'état de nos connaissances géographiques à la clôture des travaux de la seconde Année polaire internationale.

La première Année polaire internationale (1882-1883) a été purement météorologique et magnétique, mais tout de même, entre autres résultats,

---

(1) C. Camichel, L. Escande et M. Ricaud, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1557.

(2) P. Dupin et M. Teissie Solier, *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1017.

elle a augmenté dans une certaine mesure nos connaissances géographiques, principalement à l'extrême Nord de la côte Groenlandaise.

C'est à Greely que la Science le doit, l'unique chef de stations survivant encore.

Mais à l'époque de la première Année polaire internationale, malheureusement, on n'a pas eu l'idée d'établir l'inventaire de nos connaissances géographiques par une carte Polaire contemporaine.

Cette idée naquit au sein de la Commission de la deuxième Année polaire de l'U.R.S.S. qui décida de construire une carte polaire physique-hypsométrique et bathymétrique; d'autant plus que la région arctique actuellement ne possédait point une carte pareille, tandis que la région antarctique était gratifiée de deux cartes dernièrement parues.

L'une est éditée par la National Geographic Society de Washington et l'autre publiée par l'American Geographical Society de New-York; cette dernière est due aux labeurs d'un géographe connu, M. J. L. W. Joerg.

Comme 160° en longitude de la mer Polaire sont occupés par les côtes de l'Union socialiste, par conséquent notre pays était beaucoup intéressé dans l'existence d'une carte polaire, mise complètement à jour.

L'affaire décidée, la construction de la carte m'a été confiée.

J'ai choisi la projection azimutale équivalente de Lamberte et comme échelle 1/12000000. La carte s'étend du pôle Nord à la latitude de 50°N.

On a pris tous les soins pour que la carte soit tout à fait à jour.

Pour le secteur américain je dois beaucoup à l'American Geographical Society, à certaines Institutions canadiennes et à M. J. L. W. Joerg. Ils m'ont fourni des données récentes sur l'état cartographique des connaissances actuelles de cette partie de la région polaire.

Pour le Groenland et l'Islande j'ai trouvé un grand appui auprès de Mr. Nörlund, directeur du Service géodésique danois.

Pour l'Eurasie les nouveautés géographiques se trouvaient certainement dans les confins de l'U.R.S.S.

Un grand nombre d'expéditions différentes ont traversé durant les dernières années les contrées du nord de l'Union. Il s'ensuit une énorme transfiguration des traits principaux de la géographie régionale. Des fleuves entiers avec tout le système de leurs confluents, et par conséquent l'hypsométrie du pays, sont transportés à des distances de 300^{km}.

Cette accumulation des données nouvelles continue sans arrêt.

Tous ces matériaux nouveaux ont été compulsés, réduits à l'échelle et figurent sur la carte exposée devant vous.

Pour la bathymétrie on a usé les données des expéditions du *Marion*, du *Météor*, du *Nautilus*, du *Pourquoi-Pas* et de toutes les expéditions nombreuses océanographiques de l'Union.

La carte porte les indications de l'emplacement des stations de la deuxième Année polaire et en outre de cela seulement des localités principales, des grands chemins de fer et des frontières des États.

Ainsi est-elle purement physique.

Les routes suivies par les expéditions océanographiques principales de l'Union y sont aussi indiquées; parce que c'est l'U. R. S. S. qui demanda de joindre l'Océanographie au programme de l'Année polaire internationale.

Comme la Carte est intimement attachée à la deuxième Année polaire internationale, tous les noms géographiques sont en deux langues, russe et anglaise. La transcription des noms russes est faite d'après les règles de la Société Russe de Géographie de l'État.

Toute œuvre humaine est sujette au vieillissement, une carte vieillit beaucoup plus vite qu'un livre; j'espère tout de même que mon travail portera secours aux investigations scientifiques et leur servira durant les années du proche avenir.

Dans tous les cas elle marquera l'état de nos connaissances géographiques à cette date mémorable de la seconde Année polaire internationale.

M. **J. Costantin** fait hommage à l'Académie d'un volume intitulé : *Aperçu historique des progrès de la Botanique depuis cent ans* (1834-1934) qu'il vient de publier à l'occasion du *Centenaire des Annales des Sciences naturelles*.

Quand on parcourt les premières séries des Annales, on est frappé du grand nombre de collaborateurs étrangers les plus illustres dont les noms figurent dans ces volumes : ils furent attirés par l'éclat si brillant alors de la science française.

On s'étonne de ne pas y rencontrer le nom de Pasteur, alors que tant d'éminents pastoriens tels que Raulin, Van Tieghem, Gayon, etc. ont fait paraître des mémoires dans les Annales. En 1861, Pasteur posa sa candidature à un fauteuil de la Section de Botanique de l'Académie, parce qu'il estimait que ses études sur les Bactéries et les Levures, qui sont incontestablement des végétaux, le classaient parmi les botanistes. Il ne fut pas élu, Duchartre l'emporta après une lutte très vive. Il garda une certaine acrimonie contre les Annales et les botanistes à la suite de cet incident qui explique la carence qui vient d'être signalée.

J'ai insisté dans ce livre sur trois points.

La découverte des Bactéries et surtout celle de leurs actions sur les substances minérales inertes et sur les êtres vivants est certainement une des plus grandes conquêtes de la science depuis 1834. Elle est d'ailleurs liée aux grands progrès réalisés dans la connaissance des Cryptogames inférieurs dont l'étude avait été négligée au XVIII[e] siècle.

Ce renouveau dans les questions que soulèvent les recherches sur les plantes les plus inférieures, notamment les Champignons, a conduit à une conception nouvelle capitale, celle de la *symbiose* dans laquelle la science française s'est illustrée, grâce à Noël Bernard. Avant la publication de ses beaux travaux, les horticulteurs employaient dans les élevages d'Orchidées des techniques empiriques absolument incompréhensibles et plus ou moins secrètes. Le voile qui couvrait ces pratiques mystérieuses fut tout à coup levé et tous les phénomènes expliqués. L'horticulture en reçut un prodigieux essor et l'on compte maintenant par milliers le nombre des hybrides nouveaux que l'art horticole sait conserver indéfiniment après leur apparition. Ils seront prochainement plus nombreux que les végétaux sauvages de cette grande famille, qui compte cependant près de dix mille espèces : c'est un fait considérable dans l'histoire de la science. Ces créations constituent presque un bouleversement de la nature, manifestation incontestable et saisissante du génie humain.

Mais la puissance de l'intelligence de notre espèce se manifeste encore et au plus haut point par l'édification de la *doctrine de l'Évolution*. Énoncée avec une certaine précision par Lamarck en 1809 et malgré l'opinion formulée par Gœthe en 1830, le succès d'une telle conception, qui fut âprement combattue par Cuvier, était encore bien lointain.

En France surtout, une réaction se produisit qui dura jusqu'à la décade de 1875-1885 et cela malgré l'immense retentissement et le prodigieux succès de l'ouvrage célèbre de Darwin publié en 1859; les études sur les actions du milieu ont fortement contribué à l'émancipation de la pensée des naturalistes français tels que Giard, Perrier, Bonnier, etc. La consolidation des idées transformistes est certainement le fait le plus important célébré par le Centenaire des Annales.

M. M. Caullery fait hommage à l'Académie de l'édition en langue anglaise des conférences faites par lui à New-York en 1933 sur la Science française : *French Science and its principal Discoveries since the XVII[th] Century.*

M. **Jules Richard** fait hommage à l'Académie des fascicules LXXXVIII et LXXXIX des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, *Prince souverain de Monaco : Tuniciers pélagiques provenant des croisières du Prince Albert Ier de Monaco*, par Hervé Harant et Paulette Vernières ; *Liste générale des stations des Campagnes scientifiques du Prince Albert de Monaco avec notes et observations*, par Jules Richard.

CORRESPONDANCE.

Mmes **Alix de Carbonnières de Saint-Brice, Irène Joliot-Curie, André Lwoff, Édouard Salles** ;

Mlle **Gilberte Pallot** ;

MM. **Walter S. Adams, Paul-Félix Armand-Delille, Zenon Bacq, Jacques Bailly, Daniel Barbier, Paul Baud, François Bedeau, Edmond Benhamou, Jean-Jacques Bouckaert, Roger Boutteville, Lucien Brouha, Paul Bruère, Georges Chaudron, Pierre Chouard, Jean-Jacques Colas-Belcour, Remy Collin, Raoul Combes, Émile Cotton, Augustin Damiens, Paul Dorveaux, Gonzague Dubar, René Dujarric de La Rivière, Camille Durieux, Jean Favard, Maurice Fréchet, Henri Hérissey, Corneille Heymans, René Huguenin, Pierre Humbert, Hubert Jausion, Frédéric Joliot, Henri Lagrange, Édouard Lamy, Pierre Lassablière, Théodore Lehmann, Carlos Lepoutre, Jean Leray, Charles Lectoquoy, René Lucas, André Lwoff, Auguste-Ch. Marie, Constant Mathis, Robert Mazet, Maurice Nicloux, Jean Ottenheimer, Maurice Pardé, Jacques Pellegrin, Raymond Poisson, Louis Potin, André Prévot, Ferdinand Quénisset, Jean Quénu, Jean Quérangal des Essarts, Paul Remlinger, René Retel, Yves Rocard, Édouard Roch, Jean Rostand, Jules Sion, Georges J. Stefanopoulo, René Swyngedauw, Georges Teissier, Jean Tilho, Camille Vallaux, Pierre Vernotte** adressent des remercîments pour les distinctions accordées à leurs travaux.

M. **R. Jouanne** remercie l'Académie pour la distinction accordée aux travaux de son fils **Pierre Jouanne**, décédé.

Mmes **Gabriel Cusco** et **Pierre Savorgnan de Brazza** adressent également des remercîments à l'Académie.

MM. le Directeur des **Annales des Sciences naturelles, Camille Arambourg, James Basset**, l'Administrateur de la **Bibliothèque natio-**

NALE ET UNIVERSITAIRE DE **STRASBOURG**, **LOUIS DOMANGE**, **RENÉ DUBRISAY**, **JEAN GUBLER**, **HENRY HUBERT**, **MARCEL LAPORTE**, le Directeur de l'**ÉCOLE** NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'**ALFORT**, le Général commandant l'**ÉCOLE POLYTECHNIQUE**, **RENÉ PÂRIS**, **A. POIDEBARD**, **HENRI SIMONNET**, **ANDRÉ WAHL** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches, leurs publications ou leurs bibliothèques.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Spedizione Italiana DE FILIPPI *nell' Himálaia, Caracorùm e Turchestàn cinese* (1913-1914). GIOTTO DAINELLI. *Indici analitici.*

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur le dernier théorème de Fermat.* (*Divisibilité par* 3 *et par* 5.) Note de M. **LÉON POMEY**, présentée par M. d'Ocagne.

M. Massoutie et moi [1] avons montré, indépendamment l'un de l'autre, que, si n est un nombre premier de la forme $6h-1$, l'équation

$$x_1^n + x_2^n + x_3^n = 0 \tag{1}$$

ne peut être satisfaite par des entiers non nuls que si l'un d'eux est divisible par 3. *Je me propose maintenant d'établir :* 1° *qu'il en est de même si* $n=6h+1$; 2° *qu'il est nécessaire également que l'un des trois entiers* x_1, x_2, x_3 *soit divisible par* 5, *quel que soit le nombre premier* $n \geqq 3$.

1° *Démonstration du premier théorème* (*Cas du diviseur* 3 *pour* $n=6h+1$). — Si les trois nombres x_i ($i=1, 2, 3$) étaient premiers avec 3, chacun serait de la forme $\varepsilon_i + 3^{\alpha_i}\lambda_i$, ε_i étant égal à ± 1, α_i étant un entier $\geqq 1$ et λ_i un entier premier avec 3. D'ailleurs, en vertu de l'équation (1), les trois nombres ε_i doivent avoir la même valeur ε. En substituant dans (1) ces expressions des nombres x_i et développant, on constate aussitôt que la quantité

$$(3\varepsilon + n\Sigma 3^{\alpha_i}\lambda_i)$$

doit être divisible par 3^2 au moins [2], la somme Σ s'étendant aux valeurs 1, 2, 3 de l'indice i.

---

[1] *Comptes rendus*, **193**, 1931, p. 502 et 563.

[2] Si l'on avait supposé $n=3$, cette constatation aurait visiblement suffi à prouver que l'un des entiers x_i doit être divisible par 3.

Par suite, en tenant compte de ce que, par hypothèse, n est congru (mod 3) *à* 1, *on conclut que l'expression* $(\Sigma 3^{\alpha_i}\lambda_i)^2$ *est divisible par* 3^2 *et non par* 3^3.

D'autre part, l'équation (1) entraîne celle-ci : $\Sigma x_i^{3n} = 3x_1^n x_2^n x_3^n$. Si l'on y substitue de même les valeurs $x_i = \varepsilon + 3^{\alpha_i}\lambda_i$ et qu'on développe, on voit immédiatement que le nombre

$$\frac{(3n-1)}{2}(3^{2\alpha_1}\lambda_1^2 + 3^{2\alpha_2}\lambda_2^2 + 3^{2\alpha_3}\lambda_3^2) - n(3^{\alpha_2+\alpha_3}\lambda_2\lambda_3 + 3^{\alpha_3+\alpha_1}\lambda_3\lambda_1 + 3^{\alpha_1+\alpha_2}\lambda_1\lambda_2)$$

doit être divisible par 3^3 au moins. Il en est donc évidemment de même pour la quantité $\Sigma\lambda_i^2 3^{2\alpha_i} + 2n\Sigma\lambda_2\lambda_3 3^{\alpha_2+\alpha_3}$, qu'on peut encore écrire

$$(\Sigma\lambda_i 3^{\alpha_i})^2 + 2(n-1)\Sigma\lambda_2\lambda_3 3^{\alpha_2+\alpha_3}.$$

Or cela est impossible puisque le premier terme $(\Sigma\lambda_i 3^{\alpha_i})^2$ est, comme nous venons de le voir, divisible par 3^2 seulement, alors que le second terme $(6h\Sigma\lambda_2\lambda_3 3^{\alpha_2+\alpha_3})$ l'est par 3^3.

L'équation (1) *est donc bien impossible si l'un des nombres* x_1, x_2, x_3 *n'est pas divisible par* 3. C. Q. F. D.

2° *Démonstration du second théorème* (*Cas du diviseur* 5). — Si les trois entiers x_i ($i = 1, 2, 3$) étaient premiers avec 5, chacun d'eux serait congru (mod 5) à l'un des quatre nombres ± 1, ± 2. Donc nécessairement deux de ces nombres, soit x_2 et x_3, auraient ou leur somme ou leur différence divisible par 5. Ce ne peut pas être leur somme, sans quoi, en vertu de l'équation (1), x_1 devrait aussi être divisible par 5, contrairement à ce que nous venons de supposer. Par suite, 5 doit diviser $(x_2 - x_3)$; et (1) fournit alors la congruence

(2) $$x_1^n + 2x_2^n \equiv 0 \pmod 5.$$

D'autre part, ε_1 et ε_2 étant égaux à ± 1, on a les congruences

$$x_1^2 \equiv \varepsilon_1, \quad x_2^2 \equiv \varepsilon_2 \pmod 5.$$

Comme n est impair, il en résulte que la congruence (2) devient

(3) $$\varepsilon_1 x_1 + 2\varepsilon_2 x_2 \equiv 0 \pmod 5.$$

Mais, en multipliant (2) par le produit $x_1 x_2$ (qui est premier avec 5), on obtient aussi

(4) $$\varepsilon_1 x_2 + 2\varepsilon_2 x_1 \equiv 0 \pmod 5.$$

Or les congruences (3) et (4) sont manifestement incompatibles, en raison de l'hypothèse que x_1, x_2, x_3 sont premiers avec 5.

Par conséquent, l'équation (1) *est bien impossible si* 5 *ne divise pas l'un des trois nombres* x_1, x_2, x_3. C. Q. F. D.

3° *Conséquences des deux théorèmes précédents.* — Je me bornerai pour le moment à la remarque suivante : Dans le cas où les trois entiers x_1, x_2, x_3 sont supposés premiers avec l'exposant n (qui est un nombre premier impair arbitraire), on déduit des théorèmes précédents, en appliquant une proposition connue de M. Furtwängler, que l'*équation* (1) *est impossible si* $3^{n-1}-1$ *et* $5^{n-1}-1$ *ne sont pas divisibles par* n^2. *Nous retrouvons ainsi très simplement les deux remarquables critères de M. Mirimanoff et de M. Vandiver.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de Dirichlet à exposants linéairement indépendants.* Note de M. N. **Aronszajn**, présentée par M. Hadamard.

Nous allons donner une application du théorème général que nous avons démontré [1] concernant la distribution des valeurs des séries de Dirichlet à exposants linéairement indépendants.

A cet effet, nous introduirons des domaines du type M_α formant une généralisation des domaines définis par M. Mandelbrojt [2].

Soit $\mathcal{D}$ un domaine dans le plan de la variable $s=\sigma+it$, défini par l'inégalité $\sigma>\varphi(t)$, où $\varphi(t)$ est une fonction définie pour tout t réel, non négative, bornée et continue. Désignons par $r(t)$ la fonction périodique de période 2π, égale à

$$\sin^2\frac{t}{4}\qquad \text{pour } |t|\leq\pi.$$

Le domaine D sera dit *du type* M_α ($\alpha>0$), s'il existe un nombre positif $\beta<\alpha/2$ pour lequel il y a sur l'axe de t des intervalles I_n de longueurs croissant jusqu'à l'infini et une suite de nombres réels τ_n tels que

$$\varphi(t)<\beta r\left(\frac{t-\tau_n}{\alpha}\right)$$

pour t situé dans l'intervalle I_n.

On démontre, par une méthode due essentiellement à M. Mandelbrojt, qu'à un domaine du type M_α correspond toute suite d'exposants $\{\lambda_n\}$ telle

(1) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 335.

(2) Voir S. Mandelbrojt, *Bull. Soc. math.*, 60, 1932, p. 208.

qu'aucun des produits $\alpha(\lambda_i - \lambda_j)$, pour $i \neq j$, ne soit un nombre entier [1].

Considérons maintenant une série de Dirichlet $f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}$ à exposants linéairement indépendants admettant une abscisse de convergence absolue. Soient σ' un nombre réel et $I_k = (\delta'_k ; \delta''_k)$ les intervalles de l'axe des t (s'il y en a) tels que la fonction $f(s)$ est prolongeable de manière méromorphe dans chacune des bandes $\sigma > \sigma'$, $\delta'_k < t < \delta''_k$. Prenons ensuite trois nombres complexes différents v_1, v_2 et v_3, finis ou infinis, mais dont aucun n'est égal à a_0 (on admettra que la suite des λ_n commence par $\lambda_0 = 0$).

En utilisant les domaines du type M_α, on déduit facilement du théorème général mentionné plus haut la proposition suivante :

Soit α un nombre positif tel que $1/\alpha$ est linéairement indépendant de tous les λ_n. Dans ce cas, ou bien : 1° pour $\sigma > \sigma'$ on a

$$|f(s)| < \Sigma |a_n| e^{-\lambda_n \sigma'} \leqq \min |v_m|,$$

ou bien : 2° à tout $\varepsilon > 0$ correspond un entier $N(\varepsilon) > 0$ tel que pour tout groupe de $N(\varepsilon)$ nombres réels compris dans un même intervalle $I_k = (\delta'_k ; \delta''_k)$ et formant une progression arithmétique de raison $2\pi\alpha$, il existe au moins un zéro $s_0 = \sigma_0 + it_0$ d'une des fonctions $f(s) - v_m$ $(m = 1, 2, 3)$, dont l'ordonnée t_0 approche à ε près d'un des termes de la progression nommée.

Soit maintenant σ_a l'abscisse de convergence absolue de la série

$$f(s) = \Sigma a_n e^{-\lambda_n s}.$$

Posons $M = \Sigma |a_n| e^{-\lambda_n \sigma_a} \leqq \infty$. Pour chaque valeur v telle que $|v| < M$, désignons par $\sigma(v)$ le nombre σ satisfaisant à l'équation $|v| = \Sigma |a_n| e^{-\lambda_n \sigma}$.

En se basant sur la proposition précédente, on démontre :

THÉORÈME I. — *Hypothèses : $|v| < M$, $1/\alpha$ réel et indépendant des λ_n, $\varepsilon > 0$.*

CONCLUSION. — *Il existe un nombre $N = N(v, \alpha, \varepsilon)$ tel que, pour tout τ réel, on peut trouver un entier $N' \leqq N$ de sorte que le demi-cercle*

$$\left| s - [\sigma(v) + i(\tau + 2\pi\alpha N')] \right| < \varepsilon, \qquad \sigma \leqq \sigma(v)$$

renferme au moins un zéro de $f(s) - v$.

THÉORÈME II. — *Hypothèses : $M < \infty$, $|v_m| \geqq M$ pour $m = 1, 2, 3$; $v_{m'} \neq v_{m''}$ pour $m' \neq m''$, $1/\alpha$ réel et indépendant des λ_n, $\varepsilon > 0$.*

---

[1] Pour la définition des suites correspondant à un domaine, voir la note [1] citée page précédente.

CONCLUSION. — *Il existe un nombre* $N = N(\{v_m\}, \alpha, \varepsilon)$ *tel que, si la fonction* $f(s)$ *est méromorphe dans le rectangle* $\sigma_a - \varepsilon \leqq \sigma \leqq \sigma_a$, $\tau < t < \tau + 2\pi N\alpha$ *pour un* τ *réel, on peut trouver un entier* $N' < N$ *de sorte que le demi-cercle* $\sigma \leqq \sigma_a$, $\left| s - [\sigma_a + i(\tau + 2\pi\alpha N')] \right| < \varepsilon$ *renferme au moins un zéro d'une des fonctions* $f(s) - v_m$ $(m = 1, 2, 3)$.

Le théorème II ne présente d'intérêt que dans le cas où il existe sur la droite de convergence absolue des segments aussi grands que l'on veut sur lesquels $f(s)$ est méromorphe.

Tous nos raisonnements s'étendent sans difficulté aux fonctions analytiques presque périodiques, à condition que dans leur développement en série d'exponentielles ne figurent que des exposants λ_n non négatifs tels que lim. inf. $\lambda_n > 0$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations quasi linéaires du type elliptique à coefficients continus.* Note [1] de M. **Jules Schauder**, présentée par M. Gaston Julia.

La solution u de l'équation linéaire du type elliptique

$$(1) \qquad \begin{cases} Lu = a(x, y)\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2b(x, y)\dfrac{\partial^2 u}{\partial x\, \partial y} + c(x, y)\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f; \\ ac - b^2 > \Delta > 0, \qquad |a| + |b| + |c| \leqq M, \end{cases}$$

s'annulant sur la frontière d'un domaine convexe Ω, y admet, d'après M. S. Bernstein, l'évaluation [2]

$$\iint_\Omega (r^2 + s^2 + t^2)\, dx\, dy = K(M, \Delta) \iint_\Omega f^2\, dx\, dy.$$

D'où résulte aisément l'inégalité

$$(2) \qquad \operatorname{Max}|u| + \iint_\Omega [\Sigma(D_1 u)^2 + \Sigma(D_2 u)^2]\, dx\, dy \leqq K_1(M, \Delta) \iint_\Omega f^2\, dx\, dy.$$

LEMME. — *Étant donné une suite d'équations* $L_n u_n = f_n$ *à coefficients uniformément bornés et convergents en mesure respectivement vers* a, b, c, *tandis que* $\iint_\Omega (f_n - f)^2\, dx\, dy \to 0$, *on peut affirmer que les solutions* u_n

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) Cf. J. Schauder, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1366.

s'annulant sur la frontière de Ω convergent en moyenne dans Ω ainsi que leurs dérivées du premier et du second ordre vers une fonction limite u et ses dérivées. Cette fonction u remplit l'équation (1) *au sens précisé dans la Note citée* (*loc. cit.*).

Pour la démonstration, il suffit d'appliquer l'inégalité (2) à la formule (8) de la Note précédente (*loc. cit.*).

Théorème. — *Soit :*

(3) $A(x, y, z, p, q)r + 2B(x, y, z, p, q)s + C(x, y, z, p, q)t = F(x, y, z, p, q)$

une équation quasi linéaire du type elliptique à coefficients continus et bornés ([1]) *pour toutes valeurs de* x, y, z, p, q. *Il existe alors une fonction* z *continue* ([2]) *vérifiant presque partout l'équation* (3) *avec des valeurs aux limites continues arbitrairement données* ([3]).

Démonstration. — On peut évidemment se borner au cas des valeurs aux limites nulles. Soit E l'ensemble de toutes fonctions z s'annulant sur la frontière, satisfaisant à la condition de Hölder avec l'exposant 1/2, absolument continues sur presque toute droite $x =$ const. ou $y =$ const. et telles que

$$\int_\Omega\int \left(\frac{\partial z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial z}{\partial y}\right)^2 < \infty.$$

Il existe une fonction Z continue, nulle sur la frontière et vérifiant presque partout l'équation

$$(4)\quad \left\{\begin{aligned} &A(x, y, z, p, q)\frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} + 2B(x, y, z, p, q)\frac{\partial^2 Z}{\partial x\,\partial y} \\ &\qquad + C(x, y, z, p, q)\frac{\partial^2 Z}{\partial y^2} = F(x, y, z, p, q). \end{aligned}\right.$$

En vertu du lemme précédent, Z est une opération fonctionnelle $Z = Z(z)$

([1]) Petites modifications de nos prémisses, par exemple l'hypothèse

$$\frac{F^2}{AC - B^2} < K + o(z^2 + p^2 + q^2), \qquad \text{etc.}$$

ne produise aucun changement de la démonstration.

([2]) Dans tout domaine fermé intérieur à Ωz satisfait à la condition de Hölder avec l'exposant 1/2 ; une condition de Hölder étant vérifiée pour les valeurs aux limites z posséderait la même propriété aussi dans tout le domaine Ω (fermé). La norme $|z|^\Omega$ reste finie.

([3]) Ce théorème est une généralisation d'un théorème antérieur concernant l'équation dans la forme normale $\Delta u = f$ (où f est supposée continue et bornée). Cf. J. Schauder, *Math. Zeitschrift*, 26, 1927, p. 417-431.

définie (¹) dans E et complètement continue. D'après (2) elle transforme en elle-même toute sphère située dans E et suffisamment grande. En se servant du théorème sur l'existence d'un point invariant (²) on établit l'existence d'un élément z tel que $Z(z) = z$; ce qui prouve notre théorème [(³) (⁴)].

Si les A, B, C ne contiennent pas les dérivées p, q et sont suffisamment réguliers, la solution que nous venons de trouver satisfait *partout* à l'équation (3). En effet, les fonctions obtenues en remplaçant dans A, B, C la variable z par la solution trouvée satisfont alors à la condition de Hölder.

THÉORIE DES FONCTIONS. *Sur la surface exceptionnelle d'un système de fonctions entières.* Note de M. **M. Ghermanesco**, transmise par M. Émile Borel.

1. J'ai montré (⁵) qu'à tout système de v fonctions entières linéairement indépendantes se rattache une hypersurface dépendant des premiers coefficients des développements tayloriens des fonctions considérées, désignée par moi sous le nom de *surface exceptionnelle* du système de fonctions donné.

Je veux remarquer tout d'abord que la condition que les fonctions données soient linéairement indépendantes n'est pas essentielle pour que le résultat énoncé soit vrai : la différence s'y traduit seulement en ce que la surface est décomposable en plusieurs autres, dont le nombre sera déterminé dans un travail plus étendu. Tel est le cas des fonctions

$$(1)\qquad f_1(t) = 1 - e^z, \qquad f_2(z) = (c+d)e^z - (a+b), \qquad f_3(z) = ab - cde^z,$$

a, b, c, d *étant des constantes*. La surface exceptionnelle correspondante se compose des deux plans

$$\mu_1 - (c+d)\mu_2 + cd\mu_3 = 0, \qquad \mu_1 - (a+b)\mu_2 + ab\mu_3 = 0.$$

(¹) Cet artifice a été déjà utilisé dans J. Leray et J. Schaudfr, *Annales de l'École Normale*, 51, 1934, p. 45-78; d'ailleurs en se servant de ce travail on pourrait donner d'autres généralisations de nos hypothèses.

(²) Nous employons la forme plus forte de ce théorème, Cf. J. Schauder, *Studia Mathematica*, 2, 1930, p. 170-179, Satz II.

(³) Il nous paraît improbable qu'on puisse obtenir ce théorème par les méthodes classiques, par exemple celles des approximations successives.

(⁴) Ce théorème s'étend sans peine à certains systèmes d'équations quasi linéaires.

(⁵) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 629.

dont le premier contient visiblement les deux points exceptionnels $(c^2, c, 1)$, $(d^2, d, 1)$ et le second les points $(a^2, a, 1)$, $(b^2, b, 1)$.

C'est notamment dans l'étude des valeurs exceptionnelles des fonctions algébroïdes qu'on est conduit à des combinaisons de fonctions non linéairement indépendantes, comme par exemple l'algébroïde définie par l'équation

$$(u-a)(u-b)-e^z(u-c)(u-d)=0,$$

qui conduit justement aux fonctions (1) et qui admet des valeurs exceptionnelles a, b, c, d [1].

2. Pour les fonctions méromorphes, c'est-à-dire pour les combinaisons de deux fonctions entières on a (Note citée) $\mu_0=0$ et la surface exceptionnelle correspondante se réduit à un faisceau de $(p+1)$ droites passant par l'origine (p étant l'ordre de la combinaison), que nous désignerons sous le nom de *faisceau exceptionnel* rattaché à une fonction méromorphe. Comme, d'après le théorème de M. Picard, une fonction méromorphe admet deux valeurs exceptionnelles finies au plus, il s'ensuit que :

A toute fonction méromorphe correspondent deux droites exceptionnelles au plus, faisant partie du faisceau exceptionnel correspondant.

Nous dirons que les droites du faisceau exceptionnel qui ne sont pas exceptionnelles sont des droites *quasi exceptionnelles*. Pour la fonction $\tan z$ les droites exceptionnelles sont les droites isotropes du plan $\mu_1^2+\mu_2^2=0$.

3. Appelons, avec M. G. Calugareano, valeur exceptionnelle de rang m, toute valeur finie a, telle que l'équation $f(z)=a$ ait m zéros. Nous pouvons énoncer le résultat suivant qui contient le théorème principal donné dans la Note précédente :

Théorème. — *Les conditions nécessaires et suffisantes pour qu'une fonction entière d'ordre fini p, $f(z)$, admette une valeur exceptionnelle a, de rang m, sont :*

a. Entre $(m+p+1)$ coefficients consécutifs du développement taylorien de $f(z)$, on doit avoir une relation de récurrence de la forme

$$\text{(A)}\quad (n+1)\mu_0 c_{n+1}+\overline{n\mu_1-\nu_0}\,c_n+\overline{(n-1)\mu_2-\nu_1}\,c_{n-1}+\ldots$$
$$+\overline{(n-m+1)\mu_m-\nu_{m-1}}\,c_{n-m+1}-\nu_m c_{n-m}-\nu_{m+1}c_{n-m-1}-\ldots$$
$$-\nu_{m+p-1}c_{n-m-p+1}=0 \qquad (n\geq m+p).$$

b. Entre les $(m+p+1)$ coefficients du même développement, on doit avoir

---

[1] Je dois cet exemple à M. P. Montel.

les relations

(B)
$$\nu_0 c_i + \nu_1 c_{i-1} + \ldots + \nu_i c_0$$
$$= (i+1)\mu_0 c_{i+1} + i\mu_1 c_i + (i-1)\mu_2 c_{i-1} + \ldots + \mu_i c_1 + a\nu_i$$
$$(i = 0, 1, 2, \ldots, m+p-1).$$

Dans ces relations, $\lambda_0, \lambda_1, \ldots, \lambda_{p-1}, \mu_0, \mu_1, \ldots, \mu_m$ *désignent des constantes bien déterminées, telles que*

$$\nu_k = (k+1)\mu_{k+1} + \sum_{i=0}^{p-1} \lambda_i \mu_{k-i}.$$

Pour les extensions de ce théorème aux combinaisons de fonctions entières on pourra consulter le Mémoire que je ferai paraître bientôt.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur quelques points de la théorie des fonctions.* Note de M. **Silvio Minetti**, présentée par M. Gaston Julia.

Je donne ici certains résultats concernant la théorie des fonctions, obtenus par l'emploi d'une inégalité fondamentale de sens opposé à celui des inégalités utilisées généralement dans les recherches modernes de la théorie des fonctions [1].

En prenant pour point de départ la formule bien connue

$$f(\xi) = i\mathrm{V}_0 + \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \mathrm{U}(\psi)\frac{z+\xi}{z-\xi}\,d\psi \qquad (z = e^{i\psi},\ \xi = \rho e^{i\varphi}),$$

où $f(z)$ est une fonction holomorphe à l'intérieur du cercle unité $\mathcal{C}$ et continue dans $\mathcal{C} + \mathcal{C}'$; $\mathrm{V}_0 = \mathrm{V}(0, 0)$ la valeur à l'origine de sa partie imaginaire $\mathrm{V}(x, y)$; $\mathrm{U}(\psi)$ les valeurs que sa partie réelle acquiert au contour

---

(1) Je dois à M. Valiron des indications bibliographiques d'où semble résulter qu'on n'a jamais employé l'inégalité de l'Observation 1, ci-dessous, qui joue ici un rôle tout à fait fondamental. On peut en particulier consulter les Mémoires suivants : Valiron, *Bull. Sc. Math.*, 52, 1928, p. 289; Littlewood, *Proceedings of the London Math. Soc.*, 2ᵉ série, 23, Part 7, p. 481-519; Jensen, *D. Kgl. Danske Vidensk Selsk. Skrifter, Naturv. og Mathematisk Afd.*, 8 Raekke, II 3, Kobenhavn 1916, traduit en anglais dans les *Annals of Mathematics*, 21, n° 1, septembre 1919, p. 27; etc.

M. Valiron m'a fait remarquer aussi que la méthode de M. Littlewood pourrait conduire à des inégalités plus précises que celles que je donne ici; mais cela sans aucune importance pour le but que je me propose.

de $\mathcal{C}$; je parviens aisément à la relation

$$V(\rho, \varphi) = V_0 - \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} U(\psi)\frac{2d}{r^2}\,d\psi, \tag{1}$$

où $V(\rho, \varphi) = V(x, y)$ si $x = \rho\cos\varphi$, $y = \rho\sin\varphi$, $(\rho < 1)$; $d = \rho\sin(\psi - \varphi)$ et $r^2 = 1 + \rho^2 - 2\rho\cos(\psi - \varphi)$.

On peut alors déduire de cette formule les propositions suivantes :

I. *La condition nécessaire et suffisante pour que*, $U(\psi)$ *et* $V(\psi)$ *étant deux fonctions continues et périodiques de* ψ (¹) *dans l'intervalle* 0-2π, *l'expression* $U + iV$ *représente les valeurs qu'une fonction* $f(z)$, *holomorphe à l'intérieur de* $\mathcal{C}$ *et continue dans ce cercle fermé, acquiert au contour de* $\mathcal{C}$, *est que soit satisfaite la condition*

$$\int_0^{2\pi}\left\{U(\psi)\frac{2d}{r^2} + V(\psi)\frac{1-\rho^2}{r^2}\right\}d\psi = \text{const.} \tag{2}$$

II. *En supposant que* $|\mathcal{R}f(z)| < A$ (²) *pour* $|z| < 1$, *pour tout point* $\xi = \rho e^{i\varphi}$ *intérieur au cercle unité, on a la double inégalité*

$$|V_0| - \frac{2A}{\pi}\log\frac{1+\rho}{1-\rho} < |V(\rho, \varphi)| < |V_0| + \frac{2A}{\pi}\log\frac{1+\rho}{1-\rho} \quad (^3), \tag{3}$$

où l'inégalité de gauche garde un sens non banal, si $V_0 \neq 0$, *lorsque*

$$\rho < \frac{e^{\frac{\pi|V_0|}{2A}} - 1}{e^{\frac{\pi|V_0|}{2A}} + 1}. \tag{4}$$

Observation 1. — L'inégalité de gauche peut être établie aussi dans le cas où l'on considère un domaine, par exemple circulaire, ayant pour centre, au lieu de l'origine, un point quelconque a intérieur au cercle unité; dans ce cas on trouve

$$|V(\rho, \varphi)| > |V_a| - \frac{2A}{\pi}\log\frac{R+\rho}{R-\rho}, \tag{5}$$

R étant le rayon d'un cercle $\mathcal{C}_{a,R}$ intérieur au cercle unité, centre le point a; elle garde

---

(¹) On ne suppose pas, bien entendu, que les fonctions $U(\psi)$, $V(\psi)$ soient dérivables.

(²) $\mathcal{R}f(z)$ désigne la partie réelle de $f(z)$.

(³) L'inégalité de droite contient comme cas particulier la bien connue inégalité de Carathéodory; il est bon de remarquer que les deux choses d'ailleurs ne sont pas équivalentes.

un sens non banal, si $V_a \neq 0$, lorsque

$$(6)\qquad \rho < R\,\frac{e^{\frac{\pi|V_a|}{2A}} - 1}{e^{\frac{\pi|V_a|}{2A}} + 1},$$

ρ et φ étant maintenant les coordonnées polaires d'un point $\mathcal{C}_{a,R}$ rapportées à un système d'axes qui ont l'origine au point a, et V_a désignant la valeur de $V(x, y)$ au point a.

Observation 2. — En toutes ces inégalités où peut intervenir le rôle des parties réelle et imaginaire U et V de la fonction envisagée.

III. *Si* $f(z) = U + iV$ *est holomorphe à l'intérieur du cercle unité, si pour* $|z| < 1$ *on a* $|U| < A$, $|V| < B$, *alors si* $U_0 \neq 0$, $f(z)$ *ne peut pas s'annuler à l'intérieur du cercle* $\mathcal{C}_{\rho,B}$ *centre à l'origine et de rayon*

$$(7)\qquad \rho < \frac{e^{\frac{\pi|U_0|}{2B}} - 1}{e^{\frac{\pi|U_0|}{2B}} + 1},$$

si, au contraire, $V_0 \neq 0$, $f(z)$ *ne peut pas s'annuler à l'intérieur de celui* $\mathcal{C}_{\rho,A}$ *de même centre et dont le rayon* ρ *vérifie* (4).

IV. *Sous les mêmes conditions que précédemment et si* $\alpha + i\beta$ *est telle que*

$$\text{borne sup.}\,|U - \alpha| \text{ pour } |z| < 1 \leqq \text{borne sup.}\,|U| \text{ pour } |z| < 1$$

et aussi $|V_0 - \beta| \geqq |V_0|$, *à l'intérieur du cercle* $\mathcal{C}_{\rho,A}$ *la fonction* $f(z)$ *ne pourra jamais prendre aucune valeur du type* $\alpha + i\beta$.

Même conclusion par rapport au cercle $\mathcal{C}_{\rho,B}$ *en intervertissant le rôle de* U *et* V.

De ces résultats on peut faire découler un nouveau criterium de normalité d'une famille de fonctions analytiques, que je vais donner dans une Note prochaine.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur les systèmes mécaniques dans lesquels les paramètres sont fonctions du temps.* Note de M. **Henri Mineur**, présentée par M. Jacques Hadamard.

1. Considérons un système mécanique holonome, soient $q_1, q_2, \ldots, q_n$ les coordonnées, $p_1, p_2, \ldots, p_n$ leurs moments conjugués et $H(q, p, a)$ la fonction hamiltonienne; H ne dépend pas explicitement du temps, mais dépend de r paramètres $a_1, a_2, \ldots, a_r$ (masses, longueurs et moments d'inertie des éléments du système, coefficients intervenant dans certaines forces, etc.). Il arrive dans de nombreuses applications astronomiques que

l'on cherche le mouvement du système lorsque les paramètres a varient en fonction du temps.

Je me suis proposé d'établir quelques propriétés générales de ces mouvements.

2. Appelons mouvement élémentaire le mouvement du système lorsque les a sont constants, dans ce mouvement les q_i et p_i s'expriment par les formules

$$(1)\quad \begin{cases} q_i = f_i(t, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n}, a_1, a_2, \ldots, a_r), \\ p_i = g_i(t, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n}, a_1, a_2, \ldots, a_r), \end{cases}$$

où $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_{2n}$ sont $2n$ constantes.

Lorsque les a sont variables on peut représenter le mouvement par les formules (1) où les α_i sont des fonctions du temps.

Ces fonctions sont définies par le système

$$(2)\quad \sum_{k=1}^{2n}[\alpha_j, \alpha_k]\frac{d\alpha_k}{dt} + \sum_{s=1}^{r}[\alpha_j, a_s]\frac{da_s}{dt} = 0 \qquad (j = 1, 2, \ldots, 2n),$$

où les $[\alpha_j, \alpha_k]$ sont les crochets classiques de Lagrange et où les $[\alpha_j, a_s]$ sont de nouveaux crochets définis par des formules analogues.

3. L'intégration du système (2), par approximations successives, serait pratiquement impossible dans presque toutes les applications, si l'on n'introduisait le changement de variables suivant :

Il arrive que les q_i dépendent de certaines constantes (par exemple de α_1) par l'intermédiaire d'expressions telles que

$$u = \nu t + \alpha_1.$$

où ν est fonction des a et des α autres que α_1.

On démontre dans ce cas que le système (2) conserve la même forme si l'on considère ν comme une constante indépendante des α et des a et si l'on substitue à α_1 la variable α'_1 définie par

$$\frac{d\alpha'_1}{dt} = \frac{d\alpha_1}{dt} + t\frac{d\nu}{dt}.$$

4. Le système (2), où l'on considère les α comme fonction des a, est complètement intégrable dans deux cas importants.

Le premier cas est celui d'une variation adiabatique des a. On remplace les $[\alpha_j, a_s]$ (qui dépendent de t) par leurs moyennes; si l'on pose

$$\omega_j = \sum_{k=1}^{n}[\alpha_j \alpha_k]\, d\alpha_k + \sum_{s=1}^{r}[\alpha_k a_s]\, da_s,$$

on vérifie que

$$(\omega_j)' = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \omega_i}{\partial \alpha_j} d\alpha_i,$$

on a donc bien

$$\omega_j' = 0 \pmod{\omega_i}.$$

Le second cas est celui où, la variation des a étant quelconque, l'énergie du système reste constante (ceci arrive si le système est isolé); les $[\alpha_k a_s]$ dépendent du temps, mais

$$(\omega_j)' = -\sum \frac{\partial \omega_i}{\partial \alpha_j} d\alpha_i + dt \frac{\partial}{\partial \alpha_j}(d_a \mathrm{H}),$$

comme $d_a \mathrm{H} = 0$, on a encore

$$(\omega_j)' = 0 \pmod{\omega_i}.$$

Dans ces deux cas, on a le résultat suivant : l'état final de mouvement élémentaire du système ne dépend que de son état initial et des valeurs initiales et finales des a.

5. Le système (2) prend une forme très simple lorsque l'on connait une intégrale complète S de l'équation de Jacobi. En désignant par $\varepsilon_1, \ldots, \varepsilon_p$, $\gamma_1, \ldots, \gamma_p$ les constantes conjuguées définies par S, le système (2) s'écrit

$$\frac{d\gamma_i}{dt} = \sum_{k=1}^{r} \frac{\partial^2 \mathrm{S}}{\partial \varepsilon_i \, \partial a_k} \frac{da_k}{dt},$$

$$\frac{d\varepsilon_i}{dt} = -\sum_{k=1}^{r} \frac{\partial^2 \mathrm{S}}{\partial \gamma_i \, \partial a_k} \frac{da_k}{dt}.$$

Si en particulier, le système est à variables séparées et non dégénéré, et si l'on prend pour les γ les modules de périodicité, les ε sont les longitudes moyennes de l'époque o des variables angulaires $u_i = \nu_i t + \varepsilon_i$, conjuguées des γ.

Pour une variation adiabatique d'un tel système les γ restent constants (on retrouve ainsi les n invariants adiabatiques de Burgers) et les ε aussi; en sorte que la variation adiabatique du système s'obtient en remplaçant dans les formules du mouvement élémentaire, les u_i par les quantités

$$u_i = \text{const.} + \int \nu_i \, dt.$$

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les configurations hydrodynamiques stables qui comportent des surfaces de discontinuité pour les densités.* Note [1] de M. **Henri Poncin**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons obtenu [2] certains résultats locaux valables dans le voisinage immédiat des surfaces de discontinuité relativement à la densité des fluides en mouvement.

Nous nous proposons de montrer comment on peut, de chaque résultat local, déduire des propriétés du mouvement et des potentiels qui restent valables dans leurs domaines d'existence tout entiers. A cet effet, nous définirons les différents points d'une section du domaine fluide (section par le plan $x_3 = h$) au moyen de leurs coordonnées isotropes z et z'. Nous désignerons par $H(u) = z$ la fonction analytique qui définit pour les valeurs réelles de u de module inférieur à l'unité la section L de la surface de discontinuité par le plan x_3 considéré. Pour les valeurs imaginaires de u de module inférieur à 1, les fonctions conjuguées $H(u)$ et $H'(u)$ définissent deux points M d'affixe z et μ d'affixe ζ qui sont images l'un de l'autre par rapport à la section L. La correspondance entre ces deux points sera définie par $\zeta = \zeta(z)$, et si l'on pose $G(u) = H(u) + H'(u)$, on pourra écrire $u = G_{-1}[z + \zeta(z)]$. Si ces relations font correspondre à chaque valeur de z n valeurs distinctes de ζ, nous considérerons la surface de Riemann Σ constituée par n feuillets plans superposés se raccordant le long des lignes qui joignent deux à deux les points critiques de la section L_0. La section S_0 de S sera supposée tracée, ainsi que L_0 sur l'un des feuillets $\mathcal{F}_1$ de cette surface, et le champ hydrodynamique correspondra aux différents points de ce feuillet situés à l'intérieur de certains domaines parfaitement définis. Deux points de la surface de Riemann Σ seront dits associés si leurs projections sur le plan simple sont images l'un de l'autre par rapport à L_0, et si les points eux-mêmes viennent en coïncidence lorsque leurs images sont confondues. Ceci posé, nous définissons trois fonctions analytiques en z

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1753. Les notations de la présente Note sont définies dans cette Communication.

dans l'un des domaines D_1 ou D_2 (*loc. cit.*) au moyen des relations

$$(1) \qquad 2\Omega_{11}(x_1, x_2) = -\left[\frac{z\zeta}{2} + U_{11}(z)\right] - \left[\frac{z'\zeta'}{2} + U'_{11}(z)\right],$$

$$(2) \qquad 2\Omega_{12}(x_1, x_2) = -[U_{12}(z) + U'_{12}(z)],$$

$$(3) \qquad 2\Omega_{21}(x_1, x_2) = -\left[\frac{z\zeta}{2} + U_{21}(z)\right] - \left[\frac{z'\zeta'}{2} + U'_{21}(z)\right].$$

Les fonctions $U_{12}(z)$ et $U_{11}(z)$ ne sont définies que pour les points de la forme $\overrightarrow{M}(L) - r\vec{s}_2[M(L)]$, où r est une quantité positive de module suffisamment petit. Au contraire la fonction $U_{21}(z)$ n'est définie que pour les points $\overrightarrow{M}(L) + r\vec{s}_2[M(L)]$ mais certaines propriétés des points associés sur la surface de Riemann Σ vont nous permettre de les prolonger à travers la section L_0. Nous démontrons en effet un groupe de six formules analogues à la suivante :

$$(4) \qquad U'_{11}(\zeta) = -U_{11}[z(\zeta)]$$

qui permettent de réaliser ce prolongement. Si nous supposons maintenant que le point M se déplace sur un arc de la courbe L_0, le point associé μ décrira le même arc de courbe et les résultats précédents montrent l'existence d'une série de relations entre les fonctions H, H' et U_{ij} parmi lesquelles nous extrairons les relations :

$$(5) \qquad U_{11}[M(L)] = -\frac{1}{2}H(u).H'(u),$$

$$(6) \qquad \nabla\Omega_{11} = \frac{1}{4}\left[H^2(u)\frac{dH'}{dH} + H'^2(u)\frac{dH}{dH'} + 2H(U)H'(u) - \frac{dH}{dH'}\left(\frac{dU_{11}}{dz}\right)^2\right],$$

$$(7) \qquad \nabla(\Omega_{11} | \Omega_{12}) = dU_{11}\frac{dU_{12}}{dz^2}\left[\frac{dH}{dH'}\right]^2.$$

Ces relations nous permettent de définir un élément de chacune des fonctions U_{11}, U_{12} et U_{21} et de relier ces fonctions aux valeurs que prend le potentiel U sur la surface de discontinuité. Ces résultats étant acquis nous supposerons que le point M décrive un chemin quelconque l partant d'un point de L pour aboutir à un point intérieur au domaine D_1. Dans ces conditions le point associé décrit un chemin λ tracé sur le même feuillet, tout au moins si le point M reste assez voisin de L. On peut alors utiliser les propriétés des points associés poursuivre le long des chemins l et λ les prolongements analytiques des diverses fonctions introduites au cours des calculs précédents, et pour déduire de chaque résultat local un résultat valable dans tout le domaine d'existence de ces fonctions. On démontre

ainsi en particulier le système de relations différentielles (cf. la Note citée plus haut) :

$$\rho_1 U_{11}(z) - \rho_2 U_{21}(z) + i(\rho_2 - \rho_1) h_5 \{ G_{-1}[z + \zeta(z)] \} = 0, \tag{8}$$

$$\rho_1 U_{12}(z) + i(\rho_2 - \rho_1) h_6 \{ G_{-1}[z + \zeta(z)] \} = 0, \tag{9}$$

$$\rho_2 \left[\frac{dU_{21}}{dz} + \frac{z}{2} \frac{d\zeta}{dz} - \frac{\zeta}{2} \right]^2 - \rho_1 \left[\frac{dU_{11}}{dz} + \frac{z}{2} \frac{d\zeta}{dz} - \frac{\zeta}{2} \right]^2 = 2(\rho_1 - \rho_2) \frac{d\zeta}{dz} h_2 \{ G_{-1}[z + \zeta(z)] \} + (\rho_1 - \rho_2) z \zeta \frac{d\zeta}{dz}, \tag{10}$$

$$\left[\frac{dU_{12}}{dz} \right]^2 = - \frac{d\zeta}{dz} \frac{2(\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1} h_4 \{ G_{(-1)}[z + \zeta(z)] \}, \tag{11}$$

$$\frac{dU_{12}}{dz} \left[\frac{\zeta}{2} \frac{dz}{d\zeta} - \frac{z}{2} - \frac{dU_{11}}{dz} \left(\frac{dz}{d\zeta} \right)^2 \right] = 2 \frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho_1} h_3 \{ G_{(-1)}[z + \zeta(z)] \}. \tag{12}$$

L'étude des fonctions U à l'intérieur du domaine D se réduit donc : 1° à l'étude de la correspondance entre les points associés relatifs à une surface de Riemann déterminée; 2° à l'étude du système différentiel (8 — 12). En particulier la liaison qui existe entre le champ hydrodynamique et la fonction U_{21} montre que cette fonction est une fonction de z uniforme et régulière dans toute la portion du plan x_3 intérieur à L. L'étude de la fonction ζ donne dans ces conditions les points singuliers de cette fonction U_{21} prolongée dans le plan z tout entier par le processus indiqué et ceci nous fournit l'expression explicite de cette fonction. Des résultats analogues en principe, mais d'une application moins aisée, sont valables pour les fonctions U_{11} et U_{12}. On obtient ainsi certaines propriétés des mouvements du milieu continu qui sont valables pour tous les points intérieurs à ce milieu.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *La détonation dans les moteurs à injection.* Note [1] de MM. **Marius Aubert**, **Pierre Clerget** et **Roger Duchêne**, présentée par M. Émile Jouguet.

M. Clerget [2] a signalé les avantages qui résultent de l'emploi de deux injections simultanées de gasoil et d'éthanol dans les moteurs à huile lourde. Entre autres avantages, il indiquait « un fonctionnement sans choc et une augmentation de puissance ».

---

[1] Séance du 10 décembre 1934.

[2] *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 1645.

Pour analyser ce phénomène nous avons cherché à enregistrer l'évolution de la flamme par un dispositif analogue à celui que nous avions réalisé pour l'étude des combustions amorcées par l'étincelle électrique (¹).

De l'air est comprimé adiabatiquement dans une chambre d'explosion cylindrique de 100^{mm} de longueur et de 33^{mm} de diamètre; une fenêtre étroite, obturée par un verre épais, est disposée suivant une génératrice. Un chauffage électrique permet d'élever la température de l'ensemble de l'appareil de façon à rendre l'inflammation possible sans qu'il soit besoin de réaliser un taux de compression supérieur à 10. L'injection se fait suivant l'axe de la chambre au moyen d'un petit injecteur placé en bout du cylindre. Il est simple ou double suivant que l'on désire injecter un seul carburant ou simultanément le carburant et un adjuvant. L'injection est commandée par l'enfoncement du piston au moyen de cames et d'une tringlerie; la durée et l'instant de l'injection peuvent être choisis à volonté. Lorsque l'on utilise deux injections elles peuvent être simultanées ou décalées l'une par rapport à l'autre. Les orifices d'injection ont $0^{mm},2$ de diamètre. La propagation de la flamme s'enregistre à partir de sa naissance sur un film tournant à la vitesse de 25^{m} par seconde. Sur le même film on inscrit au moyen d'étincelles électriques les instants de début et de fin de l'injection ce qui permet d'étudier le retard à l'inflammation.

Les enregistrements obtenus diffèrent suivant la température initiale de la chambre, l'avance à l'injection, la quantité injectée, etc. Pour fixer les idées nous indiquerons que pour une température de la chambre de 130°, une durée d'injection de 1 milliseconde avec une avance linéaire de $19\text{-}25^{mm}$ sur une course de 159^{mm}, le gasoil offre un retard à l'inflammation de 3 à 4 millisecondes. La flamme dure un temps du même ordre. L'observation de la vitesse de propagation de la flamme permet de relever deux catégories d'explosion bien différentes; les explosions normales et celles qui sont accompagnées d'une onde de choc. La première catégorie comprend des flammes qui se propagent à la vitesse de quelques mètres (10 à 20^{m}) depuis leur naissance jusqu'aux extrémités de la chambre. La durée totale de la flamme atteint 4 à 5 millisecondes et quelquefois davantage.

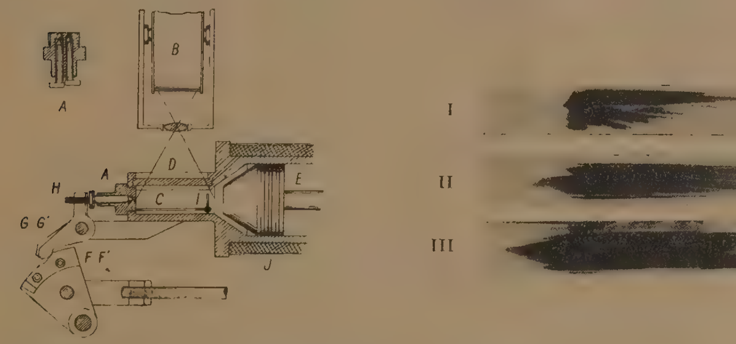
Dans la seconde catégorie, la flamme semble s'établir instantanément dans toute la chambre ; s'il y a propagation préalable à faible vitesse, ce n'est que pour un temps très court. La vivacité de la combustion détermine une augmentation si brutale de pression qu'une onde de choc prend naissance et se propage de nombreuses fois d'un bout à l'autre de la chambre avec une vitesse de l'ordre de 1000^{m} par seconde. La durée de la flamme, moindre que dans la catégorie précédente, est de l'ordre de 2 millisecondes. En

(¹) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 1633.

somme, les combustions par injection se développent d'une façon analogue aux combustions par étincelle ; il y a soit combustion normale, soit combustion très vive, dite détonation.

Comme on peut déterminer à volonté des combustions qui se développent avec onde de choc, il est possible d'étudier l'influence des corps qui, soit par addition au gasoil en simple injection, soit par double injection, peuvent amener sa disparition ou son atténuation.

C'est ainsi que nous avons étudié l'influence de l'éthanol ; ce corps, très



A, injecteur; B, tambour tournant; C, chambre; E, piston; FF', cames; GG', culbuteur; H, réglage; I, déflecteur; J, résistance chauffante.

Dans les mêmes conditions expérimentales : I, gas oil seul; II, gas oil (injection principale) + alcool (injection moitié de la principale); III, gasoil + gasoil additionné de 10 pour 100 d'aldéhyde benzoïque.

peu soluble dans le gasoil, n'a pu être employé qu'en double injection. Après avoir constaté, la température de la chambre étant maintenue à 130°, qu'une double injection de gasoil donne un enregistrement barré par les stries de l'onde de choc, c'est-à-dire qui présente le caractère qu'on est convenu d'appeler détonant, il suffit de remplacer la charge de l'un des injecteurs par une égale charge d'alcool pour constater l'influence absolument indiscutable de ce corps. La flamme dans le second essai se développe de façon parfaitement progressive et la fumée d'échappement de noire devient blanche. Une injection d'alcool égale en volume à la moitié de l'injection de gasoil suffit à produire cet effet salutaire. Cette propriété ne paraît pas particulière à l'alcool éthylique, nous avons constaté un phénomène analogue avec l'alcool benzylique utilisé également en double injection.

L'aldéhyde benzoïque présente des propriétés « antidétonantes » plus importantes encore ; il suffit d'une double injection de ce corps bien moins importante que l'injection principale pour rendre au développement de la

flamme son aspect normal. Mieux encore, l'aldéhyde benzoïque étant soluble en toutes proportions dans le gasoil, il a suffi d'utiliser un mélange de gasoil et de 10 pour 100 d'aldéhyde dans un des injecteurs pour modifier la combustion.

Ces constatations, et d'autres que la place ne nous permet pas d'exposer ici, nous ont amenés à considérer que, pour éviter la détonation, il paraît nécessaire d'offrir à l'oxygène des corps susceptibles de le fixer facilement, comme les métaux divisés, les alcools, les aldéhydes, un excès de combustible; on évite ainsi la formation de ces peroxydes qui semblent bien se comporter comme de véritables détonateurs dans les mélanges d'air carburé.

ASTRONOMIE. — *Sur un nouvel instrument des passages.* Note [1] de M. **André Danjon**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'expérience a montré que le méridien instrumental de l'instrument des passages, défini par les liaisons géométriques de son axe de rotation, devrait, pour de multiples raisons, être soumis à un contrôle optique permanent. En effet, il est déterminé avec une précision nettement inférieure à celle avec laquelle on observe le passage des étoiles au fil moyen.

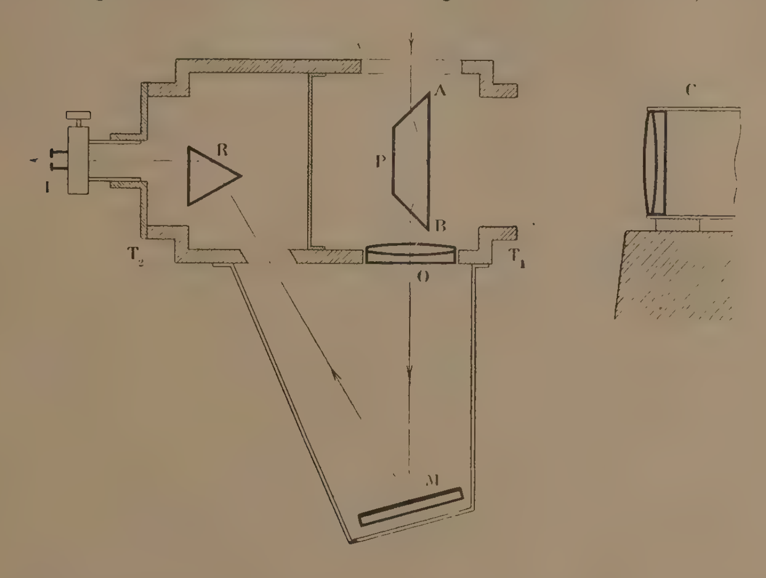
Je me suis proposé d'établir un appareil d'un type nouveau, qui ne comporte plus aucune liaison géométrique essentielle, mais dont le méridien instrumental soit défini par une méthode optique. Orientons un miroir plan dans le méridien du lieu : les étoiles et leur image coïncident à l'instant de leur passage dans le plan du miroir. Une lunette d'observation, qui peut être munie d'un micromètre impersonnel, permet de déterminer l'heure de la coïncidence. Une seconde lunette, fixe, munie d'un micromètre à deux fils rectangulaires, et dont l'axe est normal au méridien, sert à déterminer par autocollimation la direction du plan du miroir, et à la rapporter à des repères terrestres : soit à la verticale au moyen du bain de mercure, soit à un repère d'azimut constitué par une mire lointaine.

Le miroir plan ne recueillerait pas de lumière; on lui substitue un prisme à réversion de Wollaston. La figure représente la disposition de l'instrument, qui est en service depuis quelques mois à l'Observatoire de Strasbourg. L'axe de la lunette d'observation est brisé par un miroir M et par un prisme équilatéral R; le micromètre impersonnel est placé en I. Le

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

prisme réverseur P recouvre seulement la partie centrale de l'objectif O. On voit deux images de l'étoile qui se déplacent en sens inverses et qui se croisent au moment du passage. On les suit avec le fil mobile, l'une avant, l'autre après la coïncidence; des heures enregistrées, on déduit aisément l'instant de la coïncidence. Une fourche très stable, non figurée, supporte l'instrument par l'intermédiaire de deux gros tourillons creux, T_1 et T_2.



Etant destinés à asseoir l'appareil, mais non à lui imposer une orientation géométriquement déterminée, ils ont été très sommairement travaillés.

La lunette fixe C est pointée vers la face hypoténuse du prisme, qui est argentée. La section droite de celui-ci n'étant pas rigoureusement isocèle, le miroir plan, équivalent au prisme pour la lumière qui le traverse, fait un petit angle c avec la face hypoténuse : c'est la collimation du prisme; on la mesure par une méthode de retournement, en échangeant les faces d'entrée et de sortie. Si l'on fait cette mesure à l'aide du bain de mercure, on obtient en outre l'inclinaison de l'axe optique de la lunette fixe C; si l'on emploie la mire, on rapporte l'azimut de ce même axe à celui de la mire. L'identité des valeurs de la collimation obtenues à l'aide du bain de mercure et de la mire, pour des positions rectangulaires de la section droite du prisme P, fournit le meilleur critère de la méthode. On trouve en effet que le prisme est indéformable, à la précision du millième de seconde de temps. Il constitue donc une solide référence beaucoup plus fidèle que le corps d'un ins-

trument des passages ordinaires. En outre, ses constantes peuvent être mesurées avec toute la précision compatible avec le pouvoir de résolution des lunettes O et C; elles sont donc connues avec le même degré d'approximation que l'heure des passages, condition qui n'est nullement satisfaite dans le cas de la lunette méridienne.

La correction de pendule déterminée à l'aide du nouvel instrument est indépendante de la distance zénithale des étoiles observées. Les corrections fournies par les étoiles zénithales et équatoriales n'offrent pas cet écart systématique de quelques centièmes de seconde que l'on note habituellement avec les instruments du type courant. Voici les différences E-Z relatives à 4 soirées du mois de juillet dernier :

$$+0^s,003 \quad -0^s,010 \quad 0^s,000 \quad 0^s,006$$

La différence de longitude Paris-Strasbourg a été calculée à partir des corrections de pendule déterminées d'une part avec le nouvel instrument, d'autre part à l'aide des signaux de la Tour Eiffel, dont les heures demi-définitives ont été communiquées par le Bureau international de l'Heure. Voici les corrections trouvées pour la longitude admise :

1934.		s
Octobre	25	+0,010
»	27 (1)	−0,004
»	27 (2)	−0,002
»	31	+0,003
Novembre	1	−0,009
»	2	+0,008

Ces résultats sont d'autant plus satisfaisants qu'ils ont été obtenus avec une lunette d'observation de petite dimension (ouverture, 6^{cm}; distance focale, 78^{cm}), munie d'un micromètre impersonnel assez primitif, entraîné à la main. A cette échelle, l'instrument ne peut guère servir qu'à la détermination de l'heure. Il y aurait intérêt à construire un instrument de 12^{cm} d'ouverture, muni des perfectionnements que suggère la pratique, et dont l'étude permettrait de décider s'il y a lieu de dépasser cette dimension, en vue de la détermination des ascensions droites fondamentales.

PHOTOMÉTRIE ASTRONOMIQUE. — *Photométrie stellaire photographique par la méthode de Ch. Fabry*. Note (¹) de M. **H. Grouiller**, présentée par M. Ch. Fabry.

1. La plupart des travaux de photométrie stellaire photographique ont été effectués sur des photographies directes des astres tirées au foyer des instruments astronomiques (méthodes des images focales) ou un peu en dehors (photométrie extrafocale). Mais dans l'un ou l'autre cas la précision est limitée par le défaut d'uniformité des images à mesurer.

La méthode imaginée dès 1910 par M. Ch. Fabry (²) et relativement peu utilisée depuis en photométrie stellaire (³) permet d'éviter cet inconvénient. On place un peu en arrière du plan focal de l'objectif de l'instrument employé une petite chambre photographique de très court foyer qui donne sur la plaque une image de cet objectif. Un diaphragme dans le plan focal limite la région utile du ciel. On obtient sur le cliché un disque circulaire à bord très net et à densité très uniforme. L'éclairement de la plaque dépend du rapport des surfaces de l'objectif et de son image, c'est-à-dire du carré des distances focales de la lunette et de la petite chambre photographique. Les objectifs à très long foyer sont avantageux et l'on peut les utiliser même si leurs qualités optiques sont médiocres. Un autre avantage de la méthode, c'est de permettre le rapprochement étroit, sur le cliché, des plages des étoiles à comparer, plages obtenues dans les mêmes conditions optiques. Le seul inconvénient important est d'exiger des poses successives pour les astres à comparer.

2. Un dispositif de ce genre a été installé sur l'équatorial coudé de l'Observatoire de Lyon (ouverture, 32^{cm}; longueur focale, 780^{cm}). Toutefois, pour des raisons de rapidité de manœuvre, la chambre à court foyer est montée derrière l'oculaire utilisé pour la mise en place des astres (grossissement, 75). C'est donc en réalité le cercle oculaire de la lunette qui est projeté sur la plaque.

L'étalonnage de chaque cliché est effectué en plaçant contre la plaque un coin absorbant de gélatine, à peu près neutre et en éclairant avec une lampe à filament de tungstène.

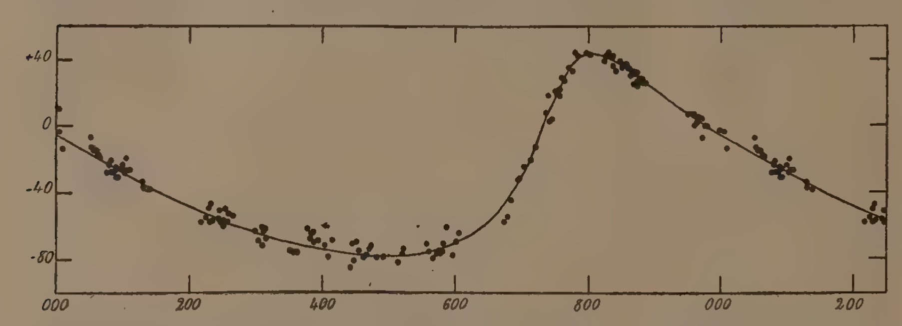
(¹) Séance du 3 décembre 1934.

(²) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 272.

(³) Voir notamment J. Dufay, *Bull. Obs. Lyon*, 10, 1928, p. 1 et suivantes, et 11, 1929, p. 269-277.

Deux poses sont faites ainsi, correspondant, l'une par rapport à l'autre à une surcharge déterminée. On obtient ainsi deux courbes de noircissement parallèles, dont la comparaison permet la détermination de la constante du coin dans les conditions d'emploi. Le coin a d'ailleurs été étudié au laboratoire [1].

3. Une limite inférieure de la précision est donnée par la courbe de lumière provisoire de l'étoile du type δ Cephei, RT Aurigæ (période $3^j,73$, maximum $5^m,3$, minimum $6^m,6$), figurée ci-dessous. Les points repré-



Courbe de lumière de l'étoile variable RT Aurigæ. En abscisses, les millièmes de période; en ordonnées, les différences $m_a - m_v$, m_a désignant la magnitude de l'étoile BD + 29° 1293 et m_v celle de RT Aurigæ.

sentent les observations individuelles au nombre de 155. Ces observations ont été effectuées à Lyon alors que méthode et instrument étaient en étude. Les conditions atmosphériques étaient souvent très mauvaises et certains clichés furent même tirés par temps brumeux au voisinage de la pleine Lune. Au début on utilisait la plaque Lumière Opta qui était sous-exposée au minimum avec un objectif de chambre de 16^{mm} de distance focale. Celui-ci fut remplacé par l'objectif de 9^{mm} actuellement utilisé et la plaque Opta par la plaque Fulgur trois fois plus rapide. Enfin il s'agit d'une étoile variable du type δ Cephei qui peut ne pas reproduire exactement sa variation de cycle à cycle, surtout au voisinage du minimum. Malgré cet ensemble de conditions défavorables l'erreur d'une mesure individuelle ne dépasse pas $\pm\ 0^m,031$ et cette courbe provisoire est dès maintenant le document photographique le plus précis sur la variation de RT Aurigæ.

D'autres groupes de mesures sur les étoiles variables α Ursæ minoris, ζ Aurigæ et α Corone borealis donnent des erreurs moyennes respec-

---

(1) R. Schwegler et H. Grouiller, *Bull. bimens. Soc. Fr. de Physique*, 370, 1934, p. 143 S.

tives de $\pm$ 0^{m},020, $\pm$ 0^{m},017 et $\pm$ 0^{m},013. Cette méthode paraît donc assez sensible pour s'appliquer à des étoiles difficiles de faible amplitude de variation.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Sur le spectre de Nova Herculis.* Note de M. **Charles Bertaud**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La Nova actuellement visible, découverte le 13 décembre 1934, a été signalée, à l'Observatoire de Meudon, le 14. C'est une circumpolaire dont l'observation est possible, le soir et le matin, quelques heures avant le lever du Soleil.

Dès la première soirée de beau temps, c'est-à-dire le 15, j'ai pu obtenir son spectre avec des chambres prismatiques à un prisme et à deux prismes respectivement, montées sur la table équatoriale d'Eichens. Depuis cette date, j'ai mis à profit la plupart des éclaircies et obtenu dix clichés : les 15, 16, 17, 18 et 20 décembre. J'ai employé des plaques Super-Opta et Fulgur. Les spectres de la chambre à deux prismes n'ont pu être suffisamment posés et sont trop faibles pour être utilisables.

L'autre appareil est constitué par un prisme de flint analogue aux prismes du grand spectrohéliographe et par un objectif Zeiss de 10^{cm} d'ouverture et 0^{m},80 de distance focale. La dispersion entre H et K est de 18 Å par millimètre. Les spectres sont mesurables sur 5^{cm} environ.

Ils présentent le caractère habituel des novæ. A chaque raie de l'hydrogène correspond une raie d'émission large et intense déplacée vers le rouge et une raie d'absorption fortement déplacée vers le violet, comme on le voit aisément avec le spectre de comparaison de Véga qui a été juxtaposé aux spectres pris le 16 et le 18 décembre.

Je donnerai, dans un travail ultérieur, les longueurs d'onde des raies d'émission et d'absorption ; le but de la présente Note étant de faire quelques remarques d'ordre qualitatif sur ces spectres.

Celui du 15 décembre montre de nombreuses raies d'émission entre H_β et H_γ, en particulier une raie d'émission fine, bordée d'une raie d'absorption large et assez intense, correspondant à la longueur d'onde λ4481 du Mg II. L'intensité de cette raie, inhabituelle dans le spectre des novæ, vient d'être signalée par Stratton (1).

---

(1) F. J. M. Sratton, *Nature*, 134, 1934, p. 974.

La raie d'émission H_γ est bordée, vers le rouge, d'une raie d'absorption qui paraît correspondre à O II (λ 4346).

Entre H_γ et H_δ, vers la longueur d'onde λ 4230, apparaissent deux raies fines et intenses d'émission séparées par une raie d'absorption, dues peut-être au Fe I.

Dans le spectre du 16 décembre, deux raies d'émission sont très visibles à λ 4174. Vraisemblablement, elles sont dues aussi au fer ionisé. Elles n'existaient pas, ou sont à peine perceptibles, dans le spectre du 15 décembre. A λ 3945, entre H et K, se trouvent deux raies d'absorption assez fines, correspondant aux raies de l'oxygène.

Enfin les raies H et K présentent nettement les raies d'absorption fines attribuées au calcium interstellaire.

Dans le spectre du 17, la raie du Mg II est encore intense ainsi que la raie d'émission à λ 4230. Les raies d'émission à λ 4174 sont bien visibles et séparées par une fine raie d'absorption.

Dans le spectre du 18, on voit encore la raie du Mg II. Celle du calcium interstellaire se voit seulement au milieu de la raie K.

Le 20 décembre, le spectre a changé considérablement d'aspect avec apparition de raies d'absorption. Les raies d'émission sont beaucoup plus diffuses et moins intenses que celles du 15 par rapport au spectre continu. Le phénomène concorde avec une augmentation d'éclat de la Nova. Le 15, elle avait à peu près la grandeur de β Draconis (3,0) alors que le 20 elle atteignait celle de γ Draconis (2,4).

GÉODÉSIE. — *Mesures de l'intensité de la pesanteur en Afrique du Nord.* Note [1] de M. **Jean Lagrula**, présentée par M. Georges Perrier.

Au cours de l'année 1934, j'ai effectué une série de mesures de la gravité au moyen du pendule Holweck-Lejay n° 43 *bis*. Cet appareil a fait preuve d'une stabilité excellente, la variation séculaire étant faible et régulière, et relevant, par conséquent, d'un terme correctif bien défini.

Pour déterminer les deux constantes k et g_0 de la formule

$$g = g_0 - \frac{k}{T^2},$$

[1] Séance du 10 décembre 1934.

qui lie la valeur de g à la valeur T de la période, j'ai utilisé les deux stations :

Paris-Observatoire.......................... $g = 980^{g},944$
Alger-colonne Voirol........................ $g = 979^{g},905$

Cette deuxième station avait été occupée en 1890 par le Commandant Defforges.

Les valeurs adoptées sont

$$g_0 = 945^{g},245; \qquad k = 198,1.$$

Après de nouvelles mesures, en d'autres stations de référence, ces constantes auront peut-être à subir une légère retouche, et les valeurs conclues de la gravité un réajustement corrélatif. Ce réajustement ne saurait d'ailleurs modifier sensiblement l'allure des courbes isanomales.

Pour le moment, une seule station de référence supplémentaire a été occupée : celle de Médéa (mesures en 1890 au pendule Defforges); l'écart est rigoureusement nul, à la précision du milligal.

Une nouvelle donnée d'étalonnage sera fournie par la réduction de la mesure effectuée à l'Observatoire marocain de Ber-Rechid, au pendule Mioni, par M. Reignier.

Signalons les points suivants :

1° Les courbes isanomales tracées *grosso modo*, en tirant parti des 49 stations occupées à l'heure actuelle en Afrique du Nord, présentent une irrégularité dans la région séismique du Chélif, récemment ébranlée par une série de videntes secousses (destruction de Carnot).

2° Les courbes isanomales se resserrent entre Constantine et la mer, région où le gradient horizontal méridien moyen est de l'ordre de 20 oetvoes.

3° La variation d'anomalie entre Alger-Bouzaréa et Alger-colonne Voirol confirme quantitativement les travaux du Service géographique de l'Armée concernant la déviation de la verticale dans cette région.

La précision de l'appareil est de 2 milligals (erreur maxima en recommençant des mesures après blocage, transport et nouveaux réglages). La précision apparente d'une série de mesures, sur un bon pilier, avec faible gradient de température, est bien meilleure, et, avec une dizaine de mesures, peut descendre à 0,2 milligal. Cette précision est illusoire. Elle serait d'ailleurs hors de proportion avec les possibilités d'interprétation, indétermination de la densité et aussi, dans une campagne rapide, de l'altitude (erreur possible de un ou deux mètres).

Stations.	Latitudes.	Longitudes.	Altitudes.	Densités.	g.	g_0.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.
	° ′	° ′	m		g	g	g	g	mg	mg	g	mg	mg
Orléansville	36.10,0	1.20,0 E	130	2,2	979,809	979,849	979,837	979,830	+ 19	+ 7	979,845	+ 4	— 8
Inkermann	35. 7,8	0.55,1 E	71	2,5	979,795	979,817	979,810	979,812	+ 5	— 2	979,828	— 11	—18
Mascara	35.23,8	0. 8,7 E	594	2,5	979,624	979,807	979,745	979,764	+ 43	—19	979,779	+ 28	—34
Mercier-Lacombe	35.14,2	0.14,4 W	549	2,3	979,606	979,776	979,723	979,750	+ 26	—27	979,766	+ 10	—43
Sidi-bel-Abbès	35.21,1	0.38 W	471	2,2	979,619	979,764	979,719	979,759	+ 5	—40	979,775	— 11	—56
Descartes	34.57,2	0.55,0 W	723	2,5	979,527	979,750	979,674	979,726	+ 24	—52	979,742	+ 8	—68
Tlemcen	34.52,9	1.18,9 W	778	2,3	979,522	979,762	979,687	979,720	+ 42	—33	979,735	+ 27	—48
Maghnia	34.50,9	1.44,0 W	393	2,3	979,621	979,742	979,704	979,716	+ 26	—12	979,733	+ 9	—29
Oujda	34.40,2	1.54,6 W	578	2,7	979,535	979,713	979,647	979,702	+ 11	—55	979,718	— 5	—71
Taza	34.13,1	4. 0,6 W	515	2,3	979,505	979,664	979,614	979,664	0	—50	979,680	— 16	—66
Rabat	34. 1,0	6.50,3 W	28	2,4	979,635	979,643	979,640	979,647	— 4	— 7	979,663	— 20	—23
Meknès	33.54,3	5.33,3 W	516	2,4	979,504	979,663	979,611	979,638	+ 25	—27	979,654	+ 9	—43
Fès	34. 2,5	5. 0,0 W	401	2,3	979,519	979,643	979,604	979,650	— 7	—46	979,665	— 22	—61
Marrakech	31.38,4	8. 0,9 W	452	2,4	979,299	979,439	979,393	979,455	— 16	—62	979,470	— 31	—77
Ber-Rechid	33.17,9	7.24,6 W	233	2,5	979,540	979,613	979,588	979,587	+ 26	+ 1	979,603	+ 10	—15
Ain-Temouchent	35.17,5	1. 7,9 W	257	2,5	979,701	979,780	979,753	979,754	+ 26	— 1	979,770	+ 10	—17
Oran	35.41,9	0.38,1 W	120	2,6	979,812	979,849	979,836	979,790	+ 59	+46	979,805	+ 44	+31
Arzew	35,51,6	0.18,4 W	10	2,3	979,853	979,856	979,855	979,804	+ 52	+51	979,819	+ 37	+36
Tlélat (Ste-Barbe du)	35.32,8	0.26,9 W	139	2,2	979,753	979,796	979,783	979,777	+ 19	+ 6	979,792	+ 4	— 9
Relizane	35.44,7	0.33,5 E	87	2,5	979,770	979,797	979,788	979,794	+ 3	— 6	979,809	— 12	—21
Perrégaux	35.35,6	0. 3,9 E	46	2,5	979,771	979,785	979,780	979,781	+ 4	— 1	979,796	— 11	—16
Bouzaréa	36.47,8	0.12,1 E	348	2,6	979,898	980,005	979,967	979,884	+121	+83	979,899	+106	+68
Affreville	36.15,7	2.13,3 E	302	2,5	979,775	979,869	979,837	979,838	+ 31	— 1	979,853	+ 16	—16
Rouina	36.14,6	1.48,5 E	196	2,2	979,812	979,873	979,855	979,837	+ 36	+18	979,852	+ 21	+ 3
Ain'n'sour	36.21,0	2.16,2 E	1090	2,6	979,657	979,993	979,879	979,845	+148	+34	979,861	+132	+18
Médéa	36.15,8	2.45,3 E	911	2,5	979,649	979,930	979,834	979,838	+ 92	— 4	979,853	+ 77	—19

Le tableau ci-contre donne les résultats :

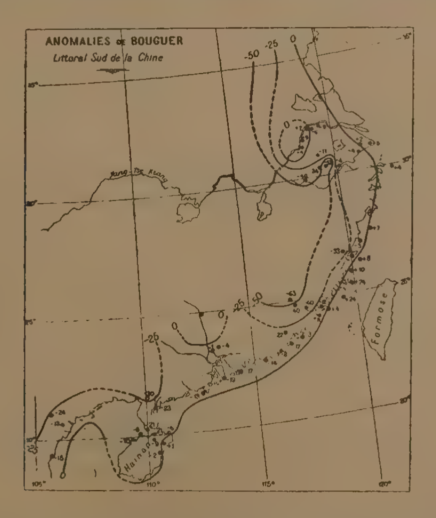
γ_0 est la gravité normale calculée par la formule de Helmert (1901);
γ'_0 est la gravité normale calculée par la nouvelle formule internationale (1930);
g est la valeur observée;
g_0 tient compte du terme de Faye;
g''_0 tient compte des termes de Faye et de Bouguer.

La correction topographique n'a pas été effectuée.

GÉODÉSIE. — *Les caractères généraux de la gravité le long de la côte sud de Chine.* Note [1] de M. **P. Lejay**, présentée par M. Georges Perrier.

Les mesures de gravité présentées ci-après ont été faites avec le gravimètre Holweck-Lejay n° 42, qui n'a subi aucune modification depuis nos Notes précédentes où son étalonnage a été discuté [2].

Les premières valeurs du tableau suivant sont déjà anciennes; à l'époque



où elles furent faites, une faible *correction séculaire* (0ˢ,0057) devait être appliquée à la période observée en chaque station; on obtenait ainsi la *période corrigée* qui ramenait l'observation à une date donnée. Depuis de longs mois, cette correction s'est annulée. Pour toutes les stations faites

(1) Séance du 10 décembre 1934.
(2) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1964.

Côte sud de Chine.

Stations.	Lat.	Long.	Alt.	δ.	Dates.	T_c.	g.	$g-g_0$.	g_0.	$g-g''_0$.	g''_0.	γ_0.	$g_0-\gamma_0$.	$g''_0-\gamma_0$.	γ'_0.	$g_0-\gamma'_0$.	$g''_0-\gamma'_0$.	n.	E.
	° ′	° ′			1933	s	g	mg	g	mg	g	g	mg	mg	g	mg	mg		
ong-Kong	22.18,1	114.10,3	33	2,7	23 III	5,3988	978,769	10	978,779	7	978,776	978,773	6	3	978,791	—12	—15	37	0,2
anton (Université)	23. 0,0	112.19,0	13	2,2	25 »	5,4200	978,831	4	978,835	3	978,834	978,818	17	16	978,836	— 1	— 2	9	0,3
anton (Observatoire)	23. 6,0	112.53,0	23	2,2	25 »	5,4200	978,831	7	978,838	5	978,836	978,824	14	12	978,842	— 4	— 6	15	0,3
acao	22.11,4	113.32	22	2,6	27 »	5,3949	978,758	7	978,765	4	978,762	978,766	— 1	— 4	978,784	—19	—22	21	0,3
i-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	4 IV	5,6436	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	95	0,2
ô-sè	31. 5,8	121.11	95	2,5	15 »	5,6318	979,406	29	979,435	19	979,425	979,407	28	18	979,423	12	2	26	0,3
ao-pou	30.35	121. 9	97	2,3	6 V	5,6145	979,361	30	979,391	19	979,380	979,367	24	13	979,384	7	— 4	15	0,2
ien mô-shan	30.22	119.50	371	2,4	8 »	5,5682	979,240	114	979,354	74	979,314	979,349	5	—35	979,366	—12	—52	17	0,3
ang-chow	30.14	120.11	87	2,3	7 »	5,6047	979,335	27	979,362	17	979,352	979,339	23	13	979,356	6	— 4	21	0,3
ankin	32. 3,6	118.45	270	2,5	27 VII	5,6460	979,442	83	979,525	54	979,496	979,486	39	10	979,502	23	— 6	15	0,3
cheng kiang	32.13	119.36	10	2,3	29 »	5,6702	979,503	3	979,506	2	979,505	979,498	8	7	979,514	— 8	— 9	15	0,3
					1934														
i-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	7 V	5,6436	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	14	0,2
hang-Wha	30. 7	119.13	150	2,5	10 »	5,5844	979,283	46	979,329	30	979,313	979,330	— 1	—17	979,347	—18	—34	9	0,3
Iwei-chow	29.56	118.24	125	2,5	11 »	5,5755	979,259	38	979,297	25	979,284	979,316	—19	—32	979,333	—36	—49	12	0,2
Kwang-te	30.53	119.29	75	2,5	12 »	5,6224	979,381	23	979,404	15	979,396	979,390	14	6	979,407	— 3	—11	12	0,3
Vu-hu	31.20	118.21	34	2,5	13 »	5,6453	979,440	10	979,450	7	979,447	979,427	23	20	979,443	7	4	14	0,2
Kwang-fô-se	31.34	118.32	33	2,5	13 »	5,6543	979,463	10	979,473	7	979,470	979,445	28	25	979,461	12	9	9	0,2
Nanking (Ricci collège)	32. 0	118.46	15	2,5	14 »	5,6675	979,496	4	979,500	3	979,499	979,481	19	18	979,497	3	2	6	1
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	15 »	5,6436	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	19	0,2
Zi-Ka-Wei	31.11,5	121.25,7	7	2,5	21 »	5,6438	979,436	2	979,438	1	979,437	979,416	22	21	979,432	6	5	9	0,4
Tong-ting	29.51,9	122.35,6	45	2,5	23 »	5,5995	979,322	14	979,336	9	979,331	979,310	26	21	979,327	9	4	12	0,2
Shroud Island	27.38,0	121. 3,0	63	2,5	24 »	5,5358	979,152	19	979,171	13	979,165	979,141	30	24	979,158	13	7	18	0,4
Incog Island	26.59,8	120.27,7	35	2,5	25 »	5,5131	979,091	11	979,102	7	979,098	979,094	8	4	979,111	— 9	— 13	18	0,2
Tung-Yung	26.22,7	120.30,5	123	2,6	25 »	5,4982	979,050	38	979,088	24	979,074	979,049	39	25	979,066	22	8	12	0,1
Spider Island	26.31,4	120. 4,2	32	2,6	26 »	5,5032	979,064	10	979,074	6	979,070	979,060	14	10	979,077	— 3	— 7	12	0,3
Santuao	26.38,2	119.39,9	56	2,6	27 »	5,4952	979,041	17	979,058	11	979,052	979,068	—10	—16	979,085	—17	—33	12	0,2
Middle dog	25.58,1	119.59	80	2,6	28 »	5,4910	979,030	24	979,054	16	979,046	979,019	35	27	979,036	18	10	15	0,2
Turnabout	25.26,1	119.56,1	67	2,6	28 »	5,4836	979,010	20	979,030	13	979,023	978,982	48	41	978,999	31	24	12	0,3
Ockseu	24.59,6	119.27,1	60	2,6	28 »	5,4736	978,981	18	978,999	12	978,993	978,952	47	41	978,969	30	24	17	0,3
Dodd Island	24.25,6	118.30,2	38	2,6	29 »	5,4535	978,926	12	978,938	8	978,934	978,913	25	21	978,930	8	4	18	0,1
Amoy	24.26,7	118. 4,0	8	2,6	30 »	5,4502	978,917	2	978,919	2	978,919	978,914	5	5	978,931	—12	—12	16	0,2
Chapel Island	24. 9,6	118.13,5	59	2,6	31 »	5,4411	978,891	18	978,909	12	978,903	978,894	15	9	978,911	— 2	— 8	12	0,2
Lamocks Island	23.15,7	117.17,0	51	2,6	1 VI	5,4231	978,840	15	978,855	10	978,850	978,835	20	15	978,853	2	— 3	9	0,2
Cape of good Hope	23.14,3	116.48,4	50	2,5	2 »	5,4178	978,825	15	978,840	10	978,835	978,834	6	1	978,852	—12	—17	10	0,2
Breaker point	22.56,4	116.29,7	11	2,6	3 »	5,4171	978,822	3	978,825	2	978,824	978,814	11	10	978,832	— 7	— 8	9	0,2
Chilang point	22.39,0	115.34,1	35	2,5	4 »	5,4065	978,792	11	978,803	7	978,799	978,795	8	4	978,813	—10	—14	12	0,4
Hong-Kong	22.18,1	114.10,3	33	2,6	6 »	5,3968	978,764	10	978,774	7	978,771	978,773	1	— 2	978,791	—17	—20	12	0,5
Bang-Kao	19.42	110.18	40	2,5	9 »	5,3478	978,617	12	978,629	8	978,625	978,616	13	9	978,634	— 5	— 9	9	0,3
Ka-Tchek	19.14	110.27	48	2,5	9 »	5,3408	978,596	15	978,611	10	978,606	978,590	21	16	978,608	3	— 2	9	0,4
Ho-Hao	19.41	110.42	40	2,5	9 »	5,3510	978,627	12	978,639	8	978,635	978,616	23	19	978,634	5	1	9	0,3
Hoi-How	20. 1,3	110.16,2	4	2,5	10 »	5,3525	978,631	1	978,632	1	978,632	978,635	— 3	— 3	978,653	—21	—21	9	0,4
Cami	20.13,5	109.55	6	2,5	11 »	5,3564	978,643	2	978,645	1	978,644	978,647	— 2	— 3	978,665	—20	—21	12	0,3
Lamko	20. 0,5	109.42,2	4	2,5	11 »	5,3564	978,643	1	978,644	1	978,644	978,634	10	10	978,652	— 8	— 8	9	0,3
Pingmar point	19.54,9	109.17,2	4	2,5	12 »	5,3541	978,636	1	978,637	1	978,637	978,629	8	8	978,647	—10	—10	9	0,3
Ma fou point	20. 1	110.55,8	2	2,5	15 »	5,3577	978,647	0	978,647	0	978,647	978,635	12	12	978,653	— 6	— 6	9	0,3
Fort Bayard	21.11,7	110.23,5	7	2,5	16 »	5,3751	978,698	2	978,700	1	978,699	978,704	— 4	— 5	978,722	—22	—23	12	0,2
Lin-Kong	(21.45)	(109.55)	20	2,5	17 »	5,3828	978,722	6	978,728	4	978,726	978,738	—10	—12	978,756	—28	—30	12	0,2
San-cian	21.36,0	112.44,3	5	2,6	18 »	5,3866	978,733	1	978,734	1	978,734	978,729	5	5	978,747	—13	—13	9	0,3
Hong-Kong	22.18,1	114.10,3	33	2,6	20 »	5,3978	978,767	10	978,777	7	978,774	978,773	4	1	978,791	—14	—17	12	0,4
Chao-chow	23.50	116.36	30	2,5	24 »	5,4308	978,862	9	978,871	6	978,868	978,872	— 1	— 4	978,890	—19	—22	9	0,3
Chang-chow	24.37	117.40	20	2,5	27 »	5,4432	978,897	6	978,903	4	978,901	978,926	—23	—25	978,943	—40	—42	12	0,5
Lung-yen	25. 6	117. 1	365	2,6	27 »	5,4237	978,842	112	978,954	71	978,913	978,959	— 5	—46	978,976	—22	—63	8	0,4
Ho-K'i	24.49	117.12	230	2,5	28 »	5,4338	978,870	70	978,940	46	978,916	978,939	1	—23	978,956	—16	—40	3	2
[illegible]	[illegible]	[illegible]	20	2,5	29 »	5,4449	978,902	6	978,908	4	978,906	978,926	—18	—20	978,943	—35	—37	12	0,3
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	979,436	979,416	21	20	979,432	5	4	[illegible]	[illegible]

en 1934, temps observé et temps corrigé ont même signification. Nous avions conclu en effet, de la discussion de l'étalonnage primitif de 1932-1933 que la *période corrigée* du pendule devait être à Zi-ka-wei :

(1) $$T_c = 5^s,6436.$$

Or nous avons trouvé, avant et après les deux dernières campagnes, pour les *périodes observées*, les valeurs suivantes :

1934 :	3 avril.	7 mai.	15 mai.	21 mai.	6 juillet.
	$5^s,6433$	$5^s,6415$	$5^s,6436$	$5^s,6438$	$5^s,6433$

Toutes ces valeurs montrent une constance du pendule, à moins d'un milligal près, sauf le 7 mai, où le résultat s'écarte de 4 milligals de la valeur normale.

Nous conservons dans le tableau ci-contre les notations internationales déjà utilisées dans nos Notes précédentes, et nous donnons la carte des anomalies de Bouguer.

Ces mesures viennent prolonger de façon remarquable les faits que nous avons mis en lumière dans la Chine du Nord [1].

Il ne peut être attribué au hasard que, sur près de 6 000 kilomètres de côtes, la valeur de la gravité soit presque normale partout, que les anomalies négatives soient de plus en plus fortes à mesure qu'on pénètre plus loin dans le continent, et qu'on trouve si régulièrement des anomalies positives dès qu'on s'éloigne en mer.

La compensation générale des masses continentales, si remarquable dans le Hopei et le Shansi se retrouve jusqu'au Sud de la Chine, et se prolonge d'ailleurs, comme nous l'avons montré précédemment, jusqu'à l'extrémité sud de la Cochinchine.

A cette loi générale, nous n'avons constaté en Chine que deux exceptions, à l'embouchure du Yang-Tse et dans la basse vallée du Si-Kiang.

---

[1] *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 905.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur les solutions quasi périodiques des équations de la mécanique non linéaire.* Note [1] de MM. **Nicolas Kryloff** et **Nicolas Bogoliùboff**, présentée par M. Hadamard.

La théorie des solutions périodiques forme incontestablement un important domaine dans l'étude des solutions des équations différentielles sur tout axe réel. Or, à peine sorti de ce terrain solide, si brillamment exploré dans les mémorables recherches de H. Poincaré et de A. Liapounoff, on se trouve en présence d'une foule de problèmes irrésolus et de difficultés insurmontées jusqu'ici à notre connaissance. Ainsi, par exemple, les questions de l'existence et de la stabilité des solutions quasi périodiques, qui jouent un rôle tout particulier dans bien des problèmes d'oscillations traités en mécanique non linéaire, sont presque complètement inexplorées, surtout quand il s'agit des équations différentielles correspondant aux systèmes capables de produire les oscillations propres (systèmes autopériodiques).

Dans nos recherches récentes relatives à ce sujet, nous avons essayé de contribuer à combler cette lacune en élaborant les critères *vérifiables* de l'existence et de la stabilité des solutions quasi périodiques. Nous y sommes parvenus en premier lieu à l'aide d'une méthode spéciale qui nous a permis d'établir la correspondance très nette entre les propriétés de quasi-périodicité des solutions exactes et celles de leurs premières approximations formées d'après nos procédés de la mécanique non linéaire. En poursuivant nos études dans cette direction nous avons largement utilisé les recherches profondes de H. Poincaré [2] et de M. A. Denjoy [3] sur les caractéristiques à la surface du tore, ainsi que certaines idées très importantes de M. G. Birkhoff relatives à la correspondance entre l'existence de la courbe invariante d'une transformation ponctuelle et l'existence de la solution quasi périodique.

Dans nos recherches que nous venons de mentionner, nous avons considéré par exemple l'équation suivante, d'une importance toute particulière dans la mécanique non linéaire :

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2x=\sum_{n=1}^{\infty}\varepsilon^n f_n\left(t, x, \frac{dx}{dt}\right), \tag{1}$$

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *Œuvres complètes*, **1**, p. 137.

(3) *Comptes rendus*, **194**, 1932, p. 850.

où la série du second membre converge pour les valeurs suffisamment petites du paramètre ε et où $f_n(t, x, dx/dt)$ sont des polynomes entiers en $\cos t$, $\sin t$, x, dx/dt. Supposons de plus que ω n'est pas voisin de nombres r/s, où r et s sont des entiers pour lesquels les expressions

$$\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f_1(\theta,\, a\sin\varphi,\, a\omega\cos\varphi)\, e^{\pm i\varphi} e^{-i(r\theta+s\varphi)}\, d\varphi\, d\theta$$

ne sont pas identiquement égales à zéro (*hypothèse de non-résonance*). Alors nous avons le résultat que voici : *Si l'équation algébrique*

$$\mathrm{F}(a) \equiv \frac{1}{4\pi^2}\int_0^{2\pi}\int_0^{2\pi} f_1(\theta,\, a\sin\varphi,\, a\omega\cos\varphi)\cos\varphi\, d\varphi\, d\theta = 0$$

possède une racine simple a_0 différente de zéro, alors l'équation différentielle (1) *admet, pour les valeurs suffisamment petites de ε, une famille de solutions quasi périodiques de la forme*

$$x = z(t, \nu t), \tag{2}$$

où le rotation number ν *est une fonction continue de ε et $z(\theta, \varphi)$ sera une fonction périodique de θ, φ (avec la période 2π) dépendant en général de ε. Cette famille est stable positivement quand $\mathrm{F}'(a_0) < 0$ et négativement quand $\mathrm{F}'(a_0) > 0$.*

Nous avons montré de plus qu'en général ν, $z(\theta, \varphi)$ dans leur dépendance du paramètre ε ne sont pas analytiques quelque petite que soient les valeurs de ε. On peut obtenir néanmoins les développements formels de ν, $z(\theta, \varphi)$ en séries ordonnées suivant les puissances de ε et ces séries, étant en général divergentes, possèdent certaines propriétés asymptotiques et peuvent être utilisées pour les calculs pratiques dans le cas de ε suffisamment petit.

Il est à remarquer que les solutions (2) dégénèrent en des solutions périodiques chaque fois que le *rotation number* devient rationnel. Vu la continuité de $\nu = \nu(\varepsilon)$, d'ici découle que l'ensemble des valeurs de ε pour lesquelles les solutions quasi périodiques (2) deviennent simplement périodiques est partout dense et nous avons montré aussi que cet ensemble consiste en général en intervalles (zones de synchronisation), dans chacun desquels ν reste constant.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Centre de gravité en Mécanique de Dirac. Application aux photons, au spin, au proton.* Note (1) de M. **Jean-Louis Destouches**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Soit un système de corpuscules en mouvement, chacun pris isolément, satisfaisant à une équation d'ondes du type de Dirac

$$\mathbf{p}_0+\bar{\alpha}_1^{(i)}\mathbf{p}_1^{(i)}+\bar{\alpha}_2^{(i)}\mathbf{p}_2^{(i)}+\bar{\alpha}_3^{(i)}\mathbf{p}_3^{(i)}+\bar{\alpha}_4^{(i)}(m_i c)\psi_k^{(i)}=0,$$

les $\bar{\alpha}$ étant ou non ceux de Dirac; $-c\bar{\alpha}_j^{(i)}$ joue le rôle d'opérateur vitesse $v_j^{(i)}$. Pour un tel système, nous pouvons, comme dans le cas à un seul ψ (2), chercher le mouvement du centre de gravité G qui est bien défini en relativité restreinte si les corpuscules sont sans interaction potentielle entre eux et ont tous la même vitesse : dans ces mêmes conditions, il l'est également ici. Au lieu de $\mathbf{p}^2$, nous aurons $-c\bar{\alpha}\mathbf{p}$, d'où, pour les $\mathbf{v}^{(i)}$, par analogie avec les $\mathbf{p}^{(i)}$,

$$\mathbf{v}^{(i)}=\mathbf{V}+\mathbf{v}_r^{(i)};\qquad \mathbf{V}=\sum\frac{m_i}{\mathfrak{M}}\mathbf{v}^{(i)};\qquad \sum m_i\mathbf{v}_r^{(i)}=0.$$

Le Ψ du système sera le produit des $\psi^{(i)}$ en l'absence de potentiels d'interaction, il appartiendra à l'espace produit indiciel.

L'équation d'ondes du système sera

$$-c\left\{\sum_i \mathop{\mathrm{S}}_{x,y,z}\frac{\partial}{\partial x_{(i)}}\sum_l \bar{\alpha}_{1il}^{(i)}\delta_{km}\delta_{np}+\sum_i\bar{\alpha}_4^{(i)}m_i c\right\}\psi_{i,k,\dots,s}=\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\psi_{i,k,\dots,s}}{\partial t},$$

en posant

$$[\mathbf{a}_1^{(i)}]_{jk,lm,np,\dots}=\bar{\alpha}_{1jl}^{(i)}\delta_{km}\delta_{np}\dots,$$

l'équation d'ondes du système est

$$-c\left[\sum\vec{\mathbf{a}}^{(i)}\vec{\mathbf{p}}^{(i)}+\mathbf{a}_4^{(i)}m_i c\right]\overleftarrow{\psi}=\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial\overleftarrow{\psi}}{\partial t}.$$

Si un champ extérieur agissait sur un corpuscule, il faudrait remplacer $\mathbf{p}^{(i)}$ par $\mathbf{p}^{(i)}-(e_i/c)\mathfrak{A}_i$ et ajouter $(e_i/c)\mathcal{V}^{(i)}$. Nous obtenons alors comme équation du centre de gravité

$$-\left[c\vec{\mathbf{A}}.\vec{\mathbf{P}}+\mathcal{V}_G\right]\Psi=\frac{2\pi i}{h}\frac{\partial\Psi}{\partial t}.$$

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1566; *Journ. Phys.*, 5, 1934, p. 320.

et comme équation du mouvement relatif

$$\left[\sum \mathcal{V}_r^{(i)} \varpi^{(i)} + \overline{\mathrm{VP}} - \overline{\mathrm{H}_\mathrm{G}} - \overline{\mathrm{A}_4}\, \mathfrak{M} c^2\right]\Phi = \frac{h}{2\pi i}\,\frac{\partial\Phi}{\partial t}.$$

2. En particulier, nous pouvons considérer le cas de deux corpuscules. On a alors

$$\mathbf{A}_j = \frac{m_1}{m_1 + m_2}\,\mathbf{a}_j^{(1)} + \frac{m_2}{m_1 + m_2}\,\mathbf{a}_j^{(2)}.$$

Si les deux corpuscules sont des demi-photons, on retrouve les **A** de Louis de Broglie (¹), d'où ce résulat important : *l'équation du photon de Louis de Broglie est celle du centre de gravité des deux constituants du photon.*

Ces photons rendent compte des émissions dipôles avec conservation du moment de rotation total, mais non des émissions multipôles. M. Louis de Broglie a pensé qu'il faudrait, pour les émissions quadrupôles, faire intervenir des photons composés de quatre corpuscules. Au moyen du centre de gravité, nous pouvons écrire de suite l'équation de tels photons formés d'un nombre quelconque de paires de neutrinos et d'antineutrinos.

3. Lorsqu'on passe du système de référence où G est fixe (mouvement relatif) à celui de l'observateur, il convient d'appliquer la contraction de Lorentz aux éléments de volume, c'est-à-dire à $\int \Phi^\star \Phi\, d\tau$, ce qui ne donne plus comme densité de probabilité de présence $\Psi^\star\Psi$, mais $\Psi^\star \mathbf{R} \Psi$, l'opérateur **R** correspondant à la contraction. Or, comme l'a montré M. Louis de Broglie (²), c'est $\mathbf{A}_4$; il semble que, si l'on a une intégrale $3n$-uple, il faudra mettre $\mathbf{R}^n$ au lieu de **R**. Ceci fournit une nouvelle raison pour l'introduction de $\mathbf{A}_4$ dans la densité de présence.

4. Le spin du centre de gravité sera l'opérateur qui, ajouté au moment cinétique, donne une intégrale première. Nous trouvons que *l'opérateur spin de* G *est la somme des spins des corpuscules du système, et le spin de* G *est égal au spin total.*

Dans le cas particulier d'un photon, l'opérateur spin de G se réduit à celui de MM. Louis de Broglie et Jacques Winter (³).

5. Si nous faisons l'hypothèse qu'un proton est constitué par : 1° un neutron, 2° un positron, 3° un neutrino, chacun isolément obéissant à une

---

(¹) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 445.
(²) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1165.
(³) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 813.

équation du type Dirac, nous obtenons comme équation d'ondes

$$\left\{ \mathbf{P}_4 + \sum_1^3 \left(\frac{m_1}{\mathfrak{M}} \mathbf{a}_i^{(1)} + \frac{m_2}{\mathfrak{M}} \mathbf{a}_i^{(2)} + \frac{m_3}{\mathfrak{M}} \mathbf{a}_i^{(3)} \right) \mathbf{P}_i + \frac{e}{c} \mathbf{a}_i^{(2)} \mathfrak{A}_i + \frac{e}{c} \mathfrak{V} + \mathfrak{M} \mathbf{A}_4 c \right\} \Psi = 0,$$

qui ne différera de celle d'un corpuscule de Dirac que dans un champ magnétique. Sans pouvoir affirmer qu'elle rend compte exactement des expériences de Stern, elle conduit à un moment magnétique supérieur à un magnéton protonique au lieu de un par l'équation de Dirac. De plus, elle permet deux valeurs de spin pour le proton : 1/2 et 3/2, ce qui donne deux états du proton, comme G. Petiau ([1]) en avait fait l'hypothèse. On pourrait encore appliquer aussi bien cette méthode pour le mouvement d'un deuton en tenant compte de son énergie de liaison.

Conclusion. — L'extension des théorèmes du centre de gravité à des systèmes formés de corpuscules obéissant à des équations du genre de celle de Dirac fournit un certain nombre de résultats intéressants pour la théorie des photons, et pour le spin d'un système, ainsi que d'utiles indications pour le proton et pour le deuton.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Déduction de l'équation d'ondes de Dirac à partir de l'électrodynamique quantique.* Note de MM. **Max Born** et **Léopold Infeld**, présentée par M. P. Langevin.

1. On peut maintenant ([2]) montrer qu'un système électrodynamique fermé se comporte comme une particule libre. Pour cela, nous introduisons une série de grandeurs intégrales : le centre de gravité

$$(7) \qquad \vec{q} = \frac{1}{2} \left\{ W^{-1} \left(\int \vec{r} U \, dv \right) + \left(\int \vec{r} U \, dv \right) W^{-1} \right\},$$

le moment d'impulsion total autour de l'origine

$$(8) \qquad \vec{M} = \int (\vec{r} \times \vec{S}) \, dv,$$

et le moment d'impulsion interne

$$(9) \qquad \vec{s} = \vec{M} - (\vec{q} \times \vec{p}),$$

([1]) *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 426.

([2]) Cf. M. Born et L. Infeld, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1297.

enfin la charge totale

(10) $$e = \frac{1}{4\pi}\int \operatorname{div}\vec{E}\, dv,$$

et l'énergie au repos W_0 (ou la masse au repos $m_0 = |W_0|$), définie par

(11) $$W^2 - p^2 = W_0^2.$$

On peut montrer que W_0^2 est un opérateur défini positif.

2. On en déduit toutes les relations de permutation possibles entre ces grandeurs intégrales. Les plus importantes sont les suivantes : W est permutable avec $\vec{p}$, $\vec{M}$, $\vec{s}$, c'est-à-dire que ce sont des intégrales du mouvement; W_0 est de plus permutable avec $\vec{q}$, c'est donc un nombre-c dans le domaine des grandeurs intégrales. De plus on a

(12) $$[p_k, q_l] = \delta_{kl}, \qquad [p_k, p_l] = 0, \qquad \vec{M} \times \vec{M} = -\frac{\hbar}{i}\vec{M}$$

comme en mécanique quantique; au contraire, les composantes $\vec{q}$ ne sont pas permutables, mais on a

(13) $$\vec{q} \times \vec{q} = \frac{\hbar}{i}\vec{s}\,W^{-2}.$$

Le centre de gravité du système se déplace avec une vitesse constante $\dot{\vec{q}} = \vec{p}\,W^{-1}$, comme dans la physique classique.

3. Ce système formel pour le mouvement du centre de gravité se montre complètement équivalent avec l'équation d'ondes pour un mouvement en l'absence de champ de forces. Pour cela, d'après le procédé de Dirac, on prend la racine carrée de (11), en posant

(14) $$W = \vec{\alpha}\vec{p} + \alpha_0 m_0,$$

où $\vec{\alpha}$, α_0 sont les grandeurs anticommutantes connues. On sépare alors de $\vec{q}$ une partie commutante

(15) $$\vec{q} = \vec{q}_0 + \vec{\xi}$$

avec la condition

(16) $$[q_k^0, q_l^0] = 0, \qquad [p_k, q_l^0] = \delta_{kl}.$$

Alors $\vec{\xi}$ se détermine à partir de $\dot{\vec{q}} = \vec{p}\,W^{-1}$ par

(17) $$\vec{\xi} = \frac{\hbar}{i}\vec{\alpha}\,W^{-2}$$

et l'on obtient à partir de (13)

(18) $$\vec{M} = \vec{s} + (\vec{q} \times \vec{p}) = \vec{\sigma} + (\vec{q_0} \times \vec{p}),$$

où σ a les composantes

(19) $$\sigma_1 = \frac{1}{2}\frac{h}{i}\alpha_2\alpha_3, \quad \ldots$$

et, par suite, représente le spin de Dirac.

$\vec{\xi}$ est le mouvement de tremblement de Schrödinger, notre $\vec{q}$ est la partie monotone du mouvement électronique. Nous pensons que la description du processus au moyen des grandeurs $\vec{q}$, $\vec{p}$, $\vec{s}$, qui ont une signification concrète comme intégrales du champ électromagnétique, est, en principe, meilleure que celle qui utilise les grandeurs de Dirac, $\vec{q}$, $\vec{p}$, $\vec{\sigma}$, qui possèdent certains avantages mathématiques.

Ainsi semble montrée la voie vers une théorie unitaire dans laquelle le champ et les particules matérielles sont essentiellement la même chose.

ÉLECTRICITÉ APPLIQUÉE. — *Sur le fonctionnement d'un appareil déformant.* Note de M. C. **Budeanu**, présentée par M. André Blondel.

Soit un réseau à s éléments unifilaires, dont un de ses éléments est constitué par un générateur à f. e. m. sinusoïdale, un autre élément par un appareil déformant et les autres $(s-2)$ éléments par des résistances constantes.

Notons la f. e. m. et le courant du générateur par

(1) $$e = \sqrt{2}\,E\sin(\omega t - \alpha); \qquad i = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n I_n \sin(n\omega t - \beta_n),$$

la tension aux bornes de l'appareil déformant et son courant par

(2) $$u = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n U_n \sin(n\omega t - \alpha_n); \qquad j = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n J_n \sin(n\omega t - \gamma_n),$$

et le courant dans un des $(s-2)$ éléments à résistances par

$$y = \sqrt{2}\,\Sigma_1^n Y_n \sin(n\omega t - \delta_n).$$

En utilisant les lois de conservation des puissances, hormanances et hor-

manances mutuelles [1] pour l'onde fondamentale et un harmonique de l'ordre n, ainsi que des hormanances mutuelles pour un groupe d'harmoniques mn et en tenant compte du fait que les résistances R ne sont le siège que des puissances de la forme $RV^2 = \Sigma RY_n^2$, nous arrivons aux relations suivantes :

$$(3)\quad \begin{cases} EI_1 \cos(\alpha - \beta_1) = \Sigma_1^{s-2} RY_1^2 + U_1 J_1 \cos(\alpha_1 - \gamma_1), \\ EI_1 \sin(\alpha - \beta_1) = U_1 J_1 \sin(\alpha - \gamma_1); \end{cases}$$

$$(4)\quad O = \Sigma_1^{s-2} RY_n^2 + U_n I_n \cos(\alpha_n - \gamma_n), \qquad O = U_n I_n \sin(\alpha_n - \gamma_n);$$

$$(5)\quad EI_n \cos(\alpha + \beta_n) = U_1 J_n \cos(\alpha_1 + \gamma_n) - U_n J_1 \cos(\alpha_n + \gamma_1),$$

$$(6)\quad EI_n \sin(\alpha + \beta_n) = U_1 J_n \sin(\alpha_1 + \gamma_n) - U_n J_1 \sin(\alpha_n + \gamma_1);$$

$$(7)\quad \begin{cases} O = U_n J_m \cos(\alpha_n + \gamma_m) - U_m J_n \cos(\alpha_m + \gamma_n), \\ O = U_n J_m \sin(\alpha_n + \gamma_m) - U_m J_n \sin(\alpha_m + \gamma_n). \end{cases}$$

Ces relations nous amènent aux principales conclusions ci-dessous, comme application de la conception et des propriétés des hormanances mutuelles [2].

a. Les puissances *absorbées* de la forme $U_n J_n \cos(\alpha_n - \gamma_n)$, en dehors de l'onde fondamentale, (4) sont négatives, elles sont donc des puissances *génératrices*, les angles $\alpha_n - \gamma_n$ étant égaux à π. L'appareil déformant, dans ces cas, *est récepteur de puissance sur l'onde fondamentale* (3) *et géné-*

---

[1] Nous utiliserons la terminologie préconisée de M. Blondel de *hormanance mutuelle* pour désigner la notion que nous avions appelée *puissance déformante*.

Nous rappellerons que dans un réseau sans contacts glissants, formé de s éléments unifilaires, la différence de potentiel et le courant de chaque élément étant notés par $u = \Sigma_1^n U_n \sin(n\omega t - \psi_n)$ et $i = \Sigma_1^n I_n \sin(n\omega t - \varphi_n)$ les propriétés de conservation des quantités d'électricité (première loi de Kirchhoff) et des puissances instantanées nous permettent d'écrire les lois de conservation générales des puissances et des hormanances pour chaque harmonique n et pour chaque groupe mn :

$$\Sigma_1^s U_n I_n \cos(\psi_n - \varphi_n) = 0; \qquad \Sigma_1^s U_n I_n \sin(\psi_n - \varphi_n) = 0,$$

$$\Sigma_1^s H_c = \Sigma_1^s [U_n I_m \cos(\psi_n + \varphi_m) - U_m I_n \cos(\psi_m + \varphi_n)] = 0,$$

$$\Sigma_1^s H_s = \Sigma_1^s [U_n I_m \cos(\psi_n + \varphi_m) - U_m I_n \sin(\psi_m + \varphi_n)] = 0.$$

Voir à ce sujet : A. Blondel, *Comptes rendus*, 188, 1929, p. 1351; *Les courants alternatifs*, 1933, p. 245; C. Budeanu, *Inst. nat. roumain*, 1927; *Bull. de Mat. et Phys. de l'Éc. Polyt. de Bucarest*, nº 1, p. 1.

[2] Dans les relations (3)-(7) les membres de gauche représentent les puissances génératrices et les hormanances « produites » par le générateur, tandis que les membres de droite se réfèrent aux puissances motrices et aux hormanances « absorbées » par les autres éléments du réseau.

rateur de puissance sur les harmoniques (4) (comme on pourrait le prévoir *à priori* dans ce cas).

Les harmoniques de force électromotrice sont localisés dans l'appareil déformant. Les puissances des résistances se référant aux harmoniques (ΣRY_n^2) sont produites par le générateur, mais elles sont transmises au réseau à travers l'onde fondamentale et l'appareil déformant.

b. La nullité de toutes les hormanances mutuelles *mn* en dehors de l'onde fondamentale (7) nous montre que les harmoniques de tension et courant, aux bornes de l'appareil déformant se soumettent dans ce cas à la condition de proportionnalité $U_n = KJ_n$, $U_m = KJ_m$, etc.

c. La propriété de conservation vectorielle de la puissance apparente comme conséquence des lois plus haut mentionnées, nous permet de *calculer la puissance apparente aux bornes de l'appareil déformant*, étant donné, dans ce cas, l'égalité de l'hormanance mutuelle totale du générateur à celle de l'appareil déformant (5 et 6) :

$$(8) \quad P_{ap} = \sqrt{[EI_1 \cos(\alpha - \beta_1) - \Sigma RY^2]^2 + [EI_1 \sin(\alpha - \beta_1)]^2 + E^2[I^2 - I_1^2]}.$$

Cas d'un réseau inductif. — Dans ce cas les relations (3-7) doivent être complétées par les termes se référant aux hormanances des éléments inductifs. Même dans ce cas l'app. déformant est récepteur de puissance sur l'onde fondamentale et générateur sur les harmoniques. La condition de proportionnalité (point *b* plus haut) ne subsiste plus.

Cas particulier. — Si le réseau se réduit au cas d'un simple montage en série du générateur à f. e. m. sinusoïdale débitant sur l'app. déformant à travers une résistance R, les lois de conservation des puissances et des hormanances (3-7) se simplifient par $i = j = y$ et se réduisent à une conservation de tension ($e = Ri + u$), ce qui nous conduit dans ce cas à $\overline{E} = \overline{RI} + \overline{U}_1$, $O = \overline{RI}_n + \overline{U}_n$, etc.

Les autres conclusions subsistent toujours. *La résistance* R *est le siège d'une circulation de puissances sur l'onde fondamentale et sur les harmoniques en sens inverse*. La constante de proportionnalité (point *b* plus haut) est dans ce cas $K = -R$.

Un relevé oscillographique dans un cas semblable nous a mis en évidence cette circulation de puissance en sens inverse aux bornes d'un app. déformant, constitué par une bobine à fer, quand pour les harmoniques 3, 5, 7, la valeur efficace de $\sqrt{I_1^2 + I_3^2 + I_5^2 + I_7^2}$ dépasse 99 pour 100 de la valeur efficace totale du courant (et de même pour la tension).

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Sur les transferts de modulation dans la couche de Heaviside.* Note de M. Y. **Rocard**, présentée par M. Fabry.

En 1929, on m'avait signalé le fait suivant, que je cite sans aucune garantie : en portant de 500 à 700 ampères l'intensité efficace à la base de l'antenne de la station Croix d'Hins, la réception à Saigon était très notablement augmentée; j'avais alors cherché si l'on pouvait rendre compte de cet effet par un changement apparent de la constante diélectrique dans la couche de Heaviside (couche H) dû à la vitesse plus grande des électrons sous l'influence de l'onde et augmentant le nombre de chocs par seconde contre les molécules. L'effet remarquable observé par MM. Van der Pol et Van der Mark, selon lequel on entend la modulation d'un émetteur en écoutant l'onde porteuse d'un autre, de fréquence différente, dans les conditions convenables, paraît relever du même genre d'explication, dont le principe est d'ailleurs venu à l'esprit de plusieurs personnes suivant ces questions. Je voudrais simplement ici préciser des ordres de grandeur et des possibilités de calculs cohérents.

Si l'on a dans le vide ν électrons libres de masse m, de charge e, la constante diélectrique ε pour la pulsation ω devient (Appleton)

$$\varepsilon' = \varepsilon - \nu \frac{4\pi e^2}{m\omega^2}. \tag{1}$$

Introduisons le terme de frottement $f\,dx/dt$ dans l'équation du mouvement des électrons soumis au champ $E\cos\omega t$. La formule (1) en est modifiée ainsi

$$\varepsilon' = \varepsilon - \nu \frac{4\pi e^2}{m\omega^2 - jf\omega}. \tag{2}$$

Or les chocs des électrons de vitesse V, sur les ν_1 molécules par centimètre cube qu'on trouve dans la couche H, produisent statistiquement cet effet de frottement. Je trouve que l'électron de vitesse V subit par seconde le nombre des chocs

$$n = \nu_1 \sqrt{\pi}\,\sigma^2 \left[1 + \frac{\varphi\left(\frac{\sigma}{2}\right)}{\frac{1}{2} m V^2} \right] V \tag{3}$$

[σ diamètre des molécules; $\varphi(\sigma/2)$ énergie potentiel électron-molécule au

contact] et que, pour des fréquences pas trop grandes, $f = 2mn$ est une bonne approximation de f. D'autre part, si la vitesse V d'agitation thermique des électrons dans la couche H est de 10000 m/sec environ, la vitesse V_1 qui prend un électron libre soumis au champ E d'une antenne de hauteur effective h située à la distance r, le courant à la base de l'antenne étant i (on a $E_{\text{ues}} = 2\pi[h/\lambda r] i_{\text{uem}} \cos\theta$), est de l'ordre de 2500 m/sec pour $h = 200^{\text{m}}$, $r = 200^{\text{km}}$, $i_{\text{uem}} = 20$ (200 ampères). Donc V_1 n'est pas négligeable devant V.

En comparant V et V_1 on arrive finalement à

$$\varepsilon' = \varepsilon - \frac{\nu 4\pi e^2}{m\omega^2 - j\omega 2 m \nu_1 \sqrt{r}\sigma^2 \left[1 + \frac{\varphi\left(\frac{1}{2}\right)}{\frac{1}{2} m \overline{V}^2}\right]\left(V + \alpha \frac{V_1^2}{V}\right)}, \tag{4}$$

α étant un coefficient numérique, de l'ordre de 1/2, dépendant légèrement de V_1/V. On a posé $\overline{V}^2 = V^2 + V_1^2$. Suivant l'importance de $\varphi(\sigma/2)$ le terme en $j\omega$ peut décroître ou croître quand V_1 croît.

Cette formule (4), jointe à l'équation de propagation

$$c^2 \Delta y = \varepsilon' \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \tag{5}$$

et surtout jointe à la considération des variations de ε' suivant l'altitude et les conditions locales, comporte les conséquences suivantes :

a. La constante diélectrique de la haute atmosphère dépend, quant à sa valeur moyenne pour une fréquence déterminée, de toutes les ondes de fréquence identique ou différente qui s'y propagent. Elle est en outre modulée par les battements ou modulations directes de ces diverses ondes, ceci par l'intermédiaire de la quantité V_1^2 qui y figure et qui introduit les battements et modulations des divers courants i.

b. L'intensité de réception peut n'être pas proportionnelle à l'intensité d'émission quand les variations de ε' sous l'influence de l'onde elle-même ont un caractère critique (passage du régime ondes longues au régime de propagation ondes courtes).

c. L'intensité d'une réception dépend en particulier de la puissance des autres transmissions, d'où la possibilité de certains « fadings » particuliers dus à cette cause.

d. Les transferts de modulation d'une onde porteuse sur une autre sont la conséquence de la modulation de la constante diélectrique notée en *a*,

introduite explicitement pour la recherche des solutions de l'équation (5). La variation de cet effet suivant l'intensité des diverses ondes qui interviennent paraît bien s'expliquer. Par contre, la particularité, notée par Van der Pol et Van der Mark, suivant laquelle la profondeur de la modulation transférée serait d'autant plus faible que la fréquence de modulation est elle-même plus élevée, ne s'explique pas immédiatement par les calculs précédents et nécessite une étude plus approfondie de la modification de la couche H par une onde incidente, et de la constante de temps qui intervient dans la transformation de l'énergie communiquée aux électrons par l'onde en énergie thermique. Il y a encore à prendre en considération le point de vue de Jonescu et Mihul suivant lequel dans un gaz ionisé les électrons libres ne sont pas en équilibre thermique.

SPECTROSCOPIE. — *Effet Zeeman du mercure et perturbations.* Note de M. **Pierre Jacquinot**, transmise par M. A. Cotton.

J'ai entrepris l'étude de l'effet Zeeman de plusieurs raies du mercure en vue d'examiner les perturbations apportées par la proximité des deux niveaux $6s4d$, $^3D_1$ et $^1D_2$ distants de 3 cm^{-1} seulement : on doit s'attendre à un effet Paschen-Back entre ces deux termes de multiplicité différente.

La source lumineuse est placée dans le champ du grand électroaimant de Bellevue : cette source est un tube à électrodes extérieures excité en haute fréquence et disposé de telle sorte que les champs électrique et magnétique soient parallèles : on peut ainsi travailler avec 50000 gauss.

Les raies sont photographiées dans le deuxième et le troisième ordre d'un grand réseau concave de Rowland en montage Eagle : elles sont d'une finesse excellente.

J'ai étudié principalement les raies 5790 et 3662 qui présentent les anomalies prévues, et aussi la raie 4347 homologue de 5790, le triplet 4047-4358-5461, les raies 3650 et 3654, ainsi que les intercombinaisons 5789, 5769 et 4077.

Je me vois contraint de publier les résultats qualitatifs des clichés sans attendre l'achèvement des mesures, à la suite de la publication très récente d'un Mémoire de Green et Loring (1). Nous avons, en effet, étudié simultanément et tout à fait indépendamment les raies du mercure intéressant

(1) *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 888.

les niveaux $6s4d$, et observé les mêmes anomalies, notamment le dédoublement de la composante σ de courte longueur d'onde de 3790. Ce dédoublement, visible dès 18000 gauss, atteint à 50000 un écart considérable. Je ne puis encore donner les résultats précis des mesures, mais il me semble que l'on peut extrapoler les résultats de Green et Loring relatifs au déplacement vers le rouge de la composante π jusque vers 45000 gauss. On doit noter en plus un dédoublement de la composante *e* de 5789, visible à 50000 gauss.

Les décompositions sont semblables aussi pour 3662 [$^3P_2 - {}^3D_1$], mais il y a une forte dissymétrie pour 3654 [$^3P_2 - {}^3D_2$], non signalée 34000 gauss par Green et Loring.

Il n'a pas été constaté d'anomalies importantes pour les autres raies, mais sur beaucoup d'entre elles on peut observer un flou accompagné d'un affaiblissement des composantes σ de courte longueur d'onde. Ce phénomène semble assez difficile à expliquer, il est peut-être lié à la nature de la source employée; d'autres expériences permettront de voir s'il en est ainsi.

Signalons enfin deux clichés sur les raies $^1P_1 - {}^1D_2$ 4921 et 4387 de l'hélium, obtenus par le même procédé; les écarts avec les niveaux ^3D correspondants sont respectivement de 3 cm^{-1} et 2 cm^{-1} : ces clichés (non mesurés encore) ne paraissent présenter aucune anomalie.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Piles photovoltaïques et piles photoélectriques à couche de barrage.* Note de M. **Georges Athanasiu**, transmise par M. A. Cotton.

Le fonctionnement des piles photoélectriques sèches, à sous-oxyde de cuivre, peut être expliqué assez simplement par l'hypothèse d'une couche de barrage (ou couche d'arrêt), pour les électrons photoélectriques. Cette couche de barrage laisse passer les électrons seulement dans le sens substance sensible → couche de barrage [1]. Par analogie, on a proposé la même hypothèse pour expliquer le fonctionnement des piles photovoltaïques de E. Becquerel. Pour ces dernières piles on admet que la couche de barrage se trouve soit au contact de l'électrolyte avec la substance sensible (qui couvre les électrodes), soit au contact de celle-ci avec l'électrode.

Cette explication est simple et commode, mais malheureusement elle

(1) W. Schottky, *Phys. Zeitschr.*, 31, 1931, p. 913.

ne peut pas, comme nous le montrerons, être admise pour toutes les piles photovoltaïques; elle s'applique seulement à certaines de ces piles.

1. Considérons d'abord *les piles photovoltaïques à électrodes de cuivre recouvertes d'une couche cristalline de sous-oxyde obtenue par traitement de l'électrode à haute température*. Les expériences faites avec ces électrodes montrent que l'effet photovoltaïque est *positif* : les électrons photoélectriques se déplacent dans le sens substance sensible → électrolyte. A ce point de vue l'effet observé peut être comparé à l'effet donné par les piles à couche de barrage de *deuxième catégorie* (1) (qui fonctionnent par la face du sous-oxyde tournée vers la lumière). Pour ces dernières piles la surface libre du sous-oxyde est recouverte d'une couche métallique mince, transparente pour les radiations actives. Quand on éclaire la pile, la pellicule métallique se charge *négativement*, ce qui prouve que les électrons photoélectriques se déplacent dans le sens sous-oxyde → pellicule métallique. La comparaison avec les piles photovoltaïques mentionnées conduit donc à admettre que, pour ces dernières, la couche de barrage se trouve au contact du sous-oxyde avec l'électrolyte. En ce qui concerne la sensibilité dans le spectre j'ai trouvé (*loc. cit.*) que la courbe de sensibilité des piles photovoltaïques, à sous-oxyde de cuivre cristallin, est identique à celle des piles à couche de barrage de deuxième catégorie : pour les deux phénomènes la courbe montre un seuil de sensibilité vers $\lambda\, 0^{\mu},630$ et un maximum vers $\lambda\, 0^{\mu},480$ dans le bleu. On voit donc que, tant au point de vue du sens de l'effet qu'au point de vue de la sensibilité dans le spectre, les piles photovoltaïques décrites (à Cu^2O cristallin) peuvent être comparées aux piles sèches à couche de barrage de deuxième catégorie. L'effet photovoltaïque, de ces piles, peut donc recevoir une explication électronique analogue à celle proposée pour les piles sèches à couche de barrage, avec cette différence qu'il faut encore expliquer le passage du courant à travers l'électrolyte.

2. Prenons maintenant *des piles à électrodes de cuivre recouvertes d'une couche mince de sous-oxyde de cuivre obtenue par voie humide* (2). Ces piles donnent un effet photovoltaïque *négatif*. On pourrait penser à comparer ces piles aux piles sèches à couche de barrage *de première catégorie* (à grille) pour lesquelles le courant des photoélectrons est du même sens et pour lesquelles on admet que la couche de barrage est située entre le sous-

---

(1) G. Athanasiu, *Journ. de Phys.*, 5, 1934, p. 94.

(2) G. Athanasiu, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 766.

oxyde et la lame de cuivre. Mais les courbes de sensibilité sont cette fois différentes. En effet, la courbe de sensibilité de la pile à couche de barrage à grille montre un maximum vers $\lambda\ 0^{\mu},630$ et la sensibilité s'étend assez loin dans l'infrarouge pendant que l'effet photovoltaïque possède un maximum de sensibilité qui oscille entre $\lambda\ 0^{\mu},500$ et $0^{\mu},580$ et un seuil situé à $\lambda\ 0^{\mu},630$. Des expériences, que je décrirai ailleurs, montrent qu'on ne peut pas invoquer l'épaisseur moindre de la couche de sous-oxyde pour expliquer le sens différent de l'effet et qu'il faut interpréter autrement ce changement. On admet, par exemple, l'hypothèse d'une réaction photochimique d'oxydation.

3. Des difficultés analogues se posent, encore plus nettement, pour les électrodes Ag — AgI, Hg — Hg^2I^2, etc., pour lesquelles l'effet photovoltaïque peut être inversé quand on change l'électrolyte de la pile ([1]) et pour lesquelles il est facile de soutenir l'hypothèse d'une réaction photochimique avec intervention de l'électrolyte.

4. Un autre cas est celui d'une pile photovoltaïque à électrodes d'argent recouvertes d'une couche épaisse, cristalline, de sulfure d'argent. L'effet photovoltaïque est, dans ce cas, *négatif* : les photoélectrons vont dans le sens sulfure d'argent → électrode d'argent et la couche de barrage serait située au contact du sulfure avec l'électrode d'argent. On serait dans le cas de la pile à couche de barrage de première catégorie (à grille). Mais si l'on constitue, avec les mêmes électrodes, une pile sèche à sulfure d'argent, à grille, les électrons photoélectriques ne circulent pas dans le sens ici indiqué pour la pile photovoltaïque; ils se déplacent dans le sens Ag^2S → grille (*loc. cit.*). La comparaison entre les deux sortes de piles n'est donc pas possible.

En résumé, l'hypothèse des couches de barrage, sous la forme employée pour expliquer le fonctionnement des piles photoélectriques sèches à sous-oxyde de cuivre, ne peut pas servir comme explication générale du phénomène photovoltaïque. Si elle convient aux piles à électrodes Cu — Cu^2O (cristallin), elle ne peut pas expliquer le fonctionnement de beaucoup d'autres piles photovoltaïques et surtout de celles pour lesquelles on a des raisons sérieuses d'admettre la production des réactions photochimiques avec intervention éventuelle de l'électrolyte. Naturellement, on peut encore envisager l'existence de couches de barrage dans le cas de ces dernières piles photovoltaïques, mais la constitution de ces couches (pelli-

---

([1]) G. Athanasiu, *Comptes rendus*, **188**, 1929, p. 786.

cule de gaz adsorbés, couche de passage formée par les ions de l'électrolyte, altération chimique de la surface des électrodes) et la façon dont elles fonctionnent, sont évidemment différentes de celles admises pour les piles sèches.

POLARISATION ROTATOIRE MAGNÉTIQUE. — *Pouvoirs rotatoires naturel et magnétique de la vapeur de pinène.* Note de M. **Pierre Gabiano**, transmise par M. A. Cotton.

Le pouvoir rotatoire *naturel* d'une vapeur a été mesuré pour la première fois par Gernez, qui a observé la rotation produite par la vapeur d'essence de térébenthine, à la température d'ébullition du liquide, sous la pression atmosphérique. Dans ces conditions, le pouvoir rotatoire *spécifique* de la vapeur a été trouvé très sensiblement égal au pouvoir rotatoire spécifique du liquide. Le même résultat a été obtenu ensuite dans le cas du camphre; il a été étendu, plus tard, à d'autres corps actifs (dérivés amyliques) par Guye.

Ces faits montrent que le pouvoir rotatoire moléculaire *naturel* ne subit pas de variation brusque dans un changement d'état physique; le pouvoir rotatoire *magnétique* moléculaire subit au contraire, une variation importante, fonction de l'indice du liquide ([1]). Cette différence dans l'allure des deux pouvoirs rotatoires d'un même corps est d'ailleurs prévue par la théorie moléculaire de la propagation de la lumière dans les milieux dissymétriques, sous la forme qui a été développée par R. de Mallemann.

L'appareil que nous avons construit pour la mesure du pouvoir rotatoire magnétique des vapeurs nous a permis d'observer la vapeur de pinène *sous une très faible pression*, la température étant inférieure à 100°, conditions assez différentes de celles des mesures de Gernez. Nous avons opéré, de plus, sur un corps défini, le pinène α pur, obtenu par distillation de l'essence d'Alep, et nous avons pu mesurer successivement la rotation naturelle et la rotation magnétique de la vapeur, dans les mêmes conditions de pression et de température.

I. Pouvoir rotatoire naturel :

a. Liquide. — Constantes mesurées :

$$d_{19°} = 0{,}864, \qquad [\alpha]_{546} = 56°{,}5 \ (^2), \qquad n_{19°} = 1{,}468.$$

([1]) P. Gabiano, *Annales de Physique*, 10e série, 20, 1933, p. 68.

([2]) M. Darmois avait trouvé : $[\alpha]_{546} = 57°{,}4$.

b. Vapeur. — Température : 88° :

Pressions (réduites)..........	39^{mm}	$54^{mm},5$	61^{mm}	64^{mm}
Rotations ($\lambda = 546^{m\mu}$)........	$0°,90$	$1°,23$	$1°,37$	$1°,44$
Dispersion : $\alpha_{546}/\alpha_{578}$.........	1,14	(identique à celle du liquide)		

Les nombres du tableau montrent que, dans les limites particulières de cette expérience, la *rotation naturelle varie proportionnellement à la pression du gaz, autrement dit, le pouvoir rotatoire spécifique de la vapeur est indépendant de la densité, à température constante.*

La densité de la vapeur étant faible, on peut, sans grande erreur, calculer le pouvoir rotatoire spécifique, à partir de la densité théorique : $d_0^{760} = 0,0061$.

La longueur totale du tube, comptée entre les deux glaces étant 64^{dm}, on trouve ainsi

$$[\alpha]_{546} = 1,44 \frac{760 \times 361}{0,0061 \times 64 \times 273 \times 64} = 57°,6.$$

A la précision des mesures, ce nombre doit être considéré comme identique au pouvoir rotatoire spécifique du liquide (mesuré à 19°). Il semble permis de conclure que le pouvoir rotatoire spécifique (ou moléculaire) du pinène est sensiblement indépendant de la densité du corps.

II. Pouvoir rotatoire magnétique. — La rotation a été nettement observée, mais elle est très faible, dans les conditions de l'expérience. La moyenne de lecture, correspondant aux rotations *doubles*, est $0°,14$ ($\lambda = 546^{m\mu}$), sous la pression de 64^{mm}, la différence de potentiel magnétique appliqué étant 6×10^5 C. G. S.

Nous en déduirons la *constante de Verdet*, rapportée aux conditions normales,

$$\Lambda_0^{760} = 4,2 \frac{760 \times 361}{64 \times 273 \times 6 \times 10^5} = 11.10^{-5} \text{ (minutes)} \quad (^1),$$

d'où la constante *moléculaire*

$$[\Lambda]_M = 2,45 \text{ minutes} \quad \text{ou} \quad 71.10^{-5} \text{ radians.}$$

La rotation magnétique du pinène α *liquide* a déjà été mesurée par M. Darmois; il a trouvé comme rotation spécifique $2,29.10^{-2}$ minute

---

(1) C'est la plus grande valeur obtenue jusqu'ici : ce résultat pouvait être prévu par les règles d'additivité des rotations magnétiques des corps à l'état gazeux que M. de Mallemann et moi avons établies.

pour la raie verte du mercure. D'après nos mesures, la rotation spécifique de la vapeur est $1,80.10^{-2}$ et le rapport des deux rotations égal à 0,77, nombre très voisin du rapport théoriqne, calculé à partir de l'indice du liquide.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Corpuscules ultrapénétrants du rayonnement cosmique.* Note de MM. **Pierre Auger** et **Paul Ehrenfest**, présentée par M. Jean Perrin.

1. Les analyses du rayonnement cosmique permettent de distinguer deux groupes de corpuscules, de pouvoirs pénétrants différents. Les uns, qui sont capables de traverser plusieurs dizaines de centimètres de plomb sans être arrêtés, forment un groupe ultrapénétrant que l'on peut supposer primaire, c'est-à-dire venant directement des espaces extérieurs à l'atmosphère terrestre. Le second groupe, qui est au contraire totalement arrêté par 5 à 6^{cm} de plomb, pourrait être nommé secondaire, ou peut-être plutôt *groupe local*, car les corpuscules qui le composent ne peuvent parcourir que quelques centaines de mètres d'air normal, et sont donc toujours observés au voisinage de leur lieu de formation. Ainsi, par exemple, le groupe local observé à 3000^{m} d'altitude est absorbé par l'atmosphère bien avant d'atteindre le niveau de la mer, et le groupe local observé à ce dernier niveau doit donc s'être reformé entièrement à nouveau dans l'atmosphère qui les sépare.

2. La proportion relative de ces deux groupes dans le rayonnement complexe que l'on trouve à toute altitude peut être évaluée par deux méthodes : celle des compteurs à coïncidences disposés dans un plan vertical et séparés par des écrans variables (Rossi, Benedetti, P. Auger et Leprince-Ringuet) et celle de la chambre de Wilson dans un champ magnétique (Anderson, Kunze). Dans la première, on sélectionne les particules d'après leur pouvoir de pénétration, dans la seconde d'après leur énergie; pour passer de l'une à l'autre, il faudra connaître la perte d'énergie correspondant à la traversée de 1^{cm} de plomb : nous admettrons, d'après Anderson, qu'elle est d'une cinquantaine de millions de volt-électrons (50 MVe).

Dans ces conditions, la comparaison des résultats expérimentaux obtenus par les deux méthodes montre un désaccord portant surtout sur la valeur du groupe le plus pénétrant : les expériences par compteurs exige-

raient, au niveau de la mer, que 40 pour 100 des corpuscules aient une énergie supérieure à 5 milliards de volt-électrons; celles faites avec la chambre à détentes en montrent tout au plus 25 pour 100 supérieures à 4 milliards de volt-électrons. D'autre part on a soupçonné la méthode des coïncidences de ne pas donner de résultats corrects lorsque plusieurs centimètres de plomb séparent les compteurs, les coïncidences seraient alors, en majeure partie, dues à des gerbes d'électrons et de photons, et non à des particules solitaires (Millikan). Une réponse très élégante a été faite par Rossi (Congrès international de Londres 1934). Il nous a semblé que l'application d'une méthode mixte pouvait éclaircir le problème.

3. Nous avons fait fonctionner quatre compteurs en coïncidence dans un plan vertical, deux d'entre eux au-dessus d'un écran de 50^{cm} de plomb, les deux autres au-dessous. Une chambre de Wilson commandée par les coïncidences de ces compteurs pouvait être disposée entre les deux premiers ou les deux autres. Dans le premier cas, elle donnait les trajectoires des particules capables, après l'avoir parcourue, de traverser le demi-mètre de plomb; dans le second cas, elle photographiait le phénomène responsable du déclenchement des deux compteurs placés sous le plomb. Les coïncidences quadruples étant assez rares, dans ces conditions, il fallait attendre souvent plus d'une heure avant d'avoir un cliché.

4. La chambre étant au-dessus du plomb, sur 34 clichés, 28 plaques portent une trajectoire verticale solitaire. Deux clichés présentent des trajectoires obliques ou de faible énergie. Trois ne montrent rien, et la dernière porte une gerbe très dense, comportant plus de 50 trajectoires, et qui semble provenir du plafond de la pièce de travail. La chambre de Wilson étant au-dessous du plomb, sur 35 clichés il y en a 27 portant des trajectoires verticales solitaires identiques à celles obtenues au-dessous du plomb (dans quelques cas une trajectoire secondaire, molle, l'accompagne). Quatre plaques montrent des trajectoires obliques ou de faible énergie, et quatre autres n'ont rien. Étant donné que les coïncidences fortuites ne sont pas tout à fait négligeables sur des temps aussi longs, et que les conditions géométriques n'excluent pas la possibilité pour une trajectoire rectiligne de traverser les quatre compteurs et de ne passer qu'à travers une partie inefficace de la chambre (parois, régions non éclairées), on peut considérer ce résultat comme définitivement en faveur de l'existence de corpuscules capables de traverser 50^{cm} de plomb sans déviation notable, corpuscules auxquels on doit attribuer les coïncidences entre compteurs verticaux

séparés par de grandes épaisseur de plomb. Ce sont donc là les particules du groupe ultrapénétrant, très probablement primaire, du rayonnement cosmique (lequel ne peut donc être constitue uniquement par des photons).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la fréquence des bandes de rotation et de vibration et la réactivité chimique des molécules, dans l'état gazeux.* Note de M. **Wilfried Heller**, transmise par A. Cotton.

Un des problèmes de la cinétique des réactions est d'étudier les relations qui existent entre la réactivité chimique des molécules et leur état énergétique. Nous avons signalé récemment ([1]), qu'il y a un parallélisme entre la force élastique qui lie un atome à l'atome central d'une molécule (telle qu'elle se calcule à l'aide des spectres Raman) et la disposition de cet atome à une réaction chimique. Nous indiquons ici un autre parallélisme que nous ne savons pas encore expliquer, mais qui semble être intéressant. Nous considérons, à l'état de vapeur, des alcools ROH et les composés chlorés correspondants RCl. Dans le tableau ci-après nous rapprochons le déplacement qu'éprouve une bande OH du proche infrarouge dans l'alcool, lorsqu'on change le radical R, avec la variation que la réactivité chimique des vapeurs de RCl éprouve quand on change de même le radical R. Nous avons pris les données spectrographiques dans une étude de A. Naherniac ([2]) et les données chimiques dans un travail de H. v. Hartel, N. Meer et M. Polanyi ([3]).

Les colonnes 2 et 3 contiennent les nombres d'ondes n et n' des deux maxima d'une bande OH. La colonne 4 présente, en valeur relative, le nombre des chocs Σ, qui sont nécessaires pour qu'une molécule RCl soit entraînée à la réaction

$$RCl + Na \rightarrow R + NaCl.$$

Il est bien évident que cette comparaison est critiquable sur quelques points. Faute des données expérimentales nécessaires (pour l'état gazeux), nous ne comparons pas les places des bandes et les réactivités pour les mêmes groupes de composés : or OH et Cl peuvent n'être pas aussi solidement liés au reste de la molécule. Mais lorsqu'il s'agit dans les deux cas

([1]) W. Heller et M. Polanyi, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1118.

([2]) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1685.

([3]) *Zeitschr. physikal. Chem.*, (B), **19**, 1932, p. 139.

des groupes électronégatifs, on peut supposer qu'un changement de R influe dans le même sens sur la solidité de liaison de R-Cl et R-OH. Une difficulté plus grande consiste dans le fait qu'il n'y a pas une relation simple entre la solidité de liaison d'un atome et les vibrations propres intramoléculaires. De plus, on ne considère pas dans le tableau un système de bandes tout entier (qui n'est pas encore établi), mais seulement une seule bande.

Substance.	n(R—OH).	n'(R—OH).	Σ(R—Cl).
I.			
CH^3-x	10557	10524	10000
CH^3-CH^2-x	10530	10488	7000
$CH^3-CH^2-CH^2-x$	10508	10456	4400
$CH^3-CH^2-CH^2-CH^2-x$	10508	10456	3300
$CH^3-(CH^2)^7-x$	10501	10458	-
II.			
$CH^3-CH^2-CH^2-CH^2-x$	10508	10456	3300
$CH^3-CH^2-CH(x)-CH^3$	–	–	2200
$(CH^3)^2>C(x)-CH^3$	–	–	1500
$CH^3-CH^2-CH^2-CH^2-CH^2-x$	10508	–	2200
$(CH^3)^2>C(x)-CH^2-CH^3$	10413	–	600
III.			
$CH^3-CH^2-CH^2-x$	10508	10456	4400
$CH^2=CH-CH^2-x$	10493	10454	250
CH^3-x	10557	10524	10000
⬡$-CH^2-x$	10487	10433	~1
IV.			
CH^3-x	10557	10524	10000
$HC(=O)-x$	10227	10194	–
CH^3-CH^2-x	10530	10488	7000
$CH^3-C(=O)-x$	10248	–	100
$CH^3-CH^2-CH^2-x$	–	–	4400
$CH^3-C(=O)-CH^2-x$	-	–	10

Tout en considérant cela, il est remarquable qu'une diminution de la fréquence de OH au cours d'un passage de R — OH à R′ — OH correspond sans exception à une augmentation de la réactivité à la suite du passage correspondant de R — Cl à R′ — Cl. Le parallélisme s'observe dans les quatre cas indiqués, où les changements du radical R sont très différents de l'un à l'autre. Il semble donc qu'on pourrait lui attribuer une certaine valeur pratique. Car, en considérant, d'une part, d'autres résultats de v. Hartel, Meer et Polanyi et, d'autre part, de Naherniac, elle fait supposer les régularités suivantes qui ne sont pas encore connues pour l'état gazeux :

1° une diminution de la fréquence de la bande OH considérée lorsque l'on considère les changements s'effectuant dans les sens indiqués ici :

$$CH^3 - CH^2OH \rightarrow CH^2OH - CH^2OH,$$
$$CH^3 - CH^2 - CH^2OH \rightarrow CH^3 - CO - CH^2OH,$$
$$CH^2 = CHOH \rightarrow CH^3 - CH^2OH.$$

2° une diminution de la réactivité des composés halogénés lors des changements suivants :

$$CH^3 - CH^2 - CH^2Cl \rightarrow \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\!\!>CHCl$$
$$HCOCl \rightarrow CH^3COCl \rightarrow CH^3 - CH^2 - COCl.$$

Le parallélisme considéré ici ne s'observe pas seulement pour l'état gazeux mais aussi quelquefois pour le cas plus complexe de l'état liquide.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur l'absorption de l'azote par fusion du fer dans l'arc et le diagramme fer-azote.* Note de MM. **A. Portevin** et **D. Seferian**, présentée par M. Ch. Fabry.

L'absorption de l'azote par le fer lors de sa fusion à l'arc dépend, en outre, du degré d'excitation de l'arc (intensité, voltage ou longueur de l'arc dont l'augmentation accroît la teneur en azote), des facteurs suivants : nature du gaz excité (N^2 pur, mélanges $N^2 + nH^2$, NH^3); nature des éléments alliés au fer (tels que C, Mn, Ti, etc. qui diminuent l'absorption d'azote).

Pour réduire cette absorption, on protège l'électrode en fer contre l'atmosphère extérieure par un enrobage; l'effet obtenu dépend de la nature et de l'épaisseur de l'enrobage.

C'est ainsi que la figure 1 montre la décroissance d'absorption de l'azote avec l'épaisseur de l'enrobage, ou le rapport section de l'enrobage/section du métal, dans le cas du fer Armco avec enrobage « neutre » formé d'un mélange de feldspath et oxyde de fer (47 pour 100 Fe^2O^3, 40 pour 100 SiO^2, 8 pour 100 Al^2O^3).

Dans les conditions les plus favorables d'absorption (fusion à l'arc du fil nu, arc long 6 à 7^{mm} 180 ampères), la teneur en azote est de l'ordre de 0,18 à 0,20 pour 100. Mais cette teneur peut être dépassée en ayant recours à

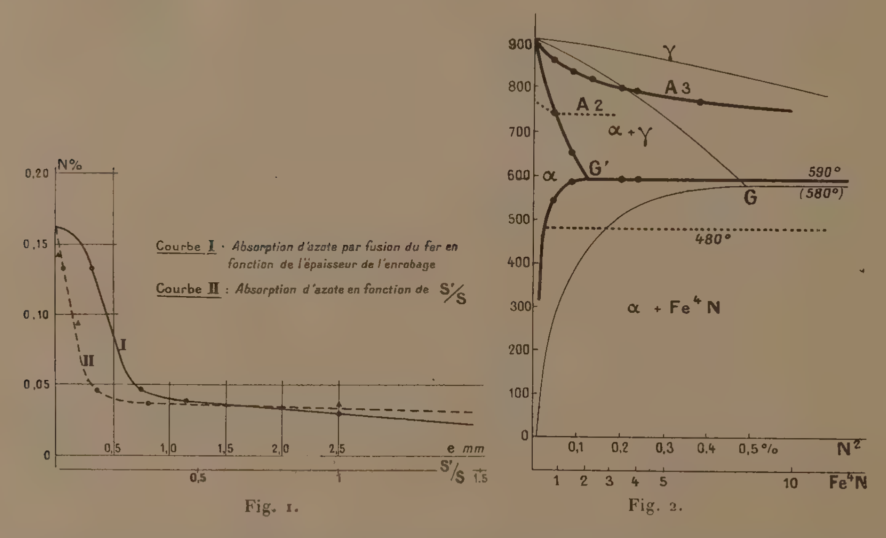


Fig. 1.

Fig. 2.

l'azote excité entre deux électrodes de tungstène (40 à 60 ampères sous 100 volts) lequel se dissocie partiellement en atomes neutres (spectre de raies de N_1) (¹). La fusion du fer dans la « *flamme* » *d'azote atomique* provoque la formation d'une grande quantité de nitrures Fe^4N (0,25 à 0,40 pour 100 N^2) croissant avec l'intensité.

Les résultats de l'étude micrographique des échantillons ainsi nitrurés par fusion ne concordant pas avec le diagramme fer-azote tracé par Fry (²), nous avons repris l'étude de ce diagramme dans le domaine 0-0,50 pour 100 d'azote, par analyse dilatométrique (³).

(¹) D. Séférian, *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 68 et 358.

(²) *Stahl und Eisen*, 62, 1923, p. 1272.

(³) P. Chevenard et A. Portevin, *Rev. Mét.*, **22**, 1925, p. 357.

Des échantillons à teneurs variables en azote ont été préparés par fusion, soit à l'arc ($N^2 = 0,05$, $0,09$, $0,14$, $0,20$ pour 100), soit par la « flamme » d'azote atomique ($N^2 = 0,20$ pour 100).

La figure 2 donne le diagramme ainsi tracé comparativement au diagramme de Fry (tracé en trait fin).

Pour un échantillon à teneur supérieure à 0,14 pour 100 N^2, les courbes dilatométriques accusent une anomalie à température constante ($\theta = 590^\circ$C.) correspondant à l'eutectoïde sol. α-Fe^4N ou *braunite*, et d'amplitude croissant linéairement avec la teneur en azote, ce qui permet de déterminer la limite de solubilité du nitrure dans la phase α pour la température eutectoïde (G' du diagramme, *fig.* 2), et de la situer à 0,13 pour 100 N^2, teneur pour laquelle l'amplitude de l'anomalie devient nulle.

Pour les échantillons à plus faible teneur en azote, l'anomalie disparaît, avec apparition de deux points singuliers faiblement marqués, d'autant plus éloignés que la teneur en azote de l'échantillon est plus faible, et qui correspondent aux limites du domaine de la solution α.

L'étude thermomagnétique avec l'appareil Chevenard indique un léger abaissement (qui atteint 20°) du point de Curie du fer, avec la teneur en azote; le point de Curie du nitrure Fe^4N étant à 480°.

Ce nouveau diagramme a été contrôlé par l'étude micrographique des échantillons à teneur croissante en azote et ayant subi des traitements thermiques variés ; trempes et recuits à des températures situées dans les différents domaines α, $\alpha + \gamma$, γ. A partir des états trempés α et γ on peut observer des phénomènes de durcissement par précipitation (vieillissement).

EFFET RAMAN. — *L'effet Raman des mélanges binaires d'acides sulfurique et nitrique*. Note de M. **Louis Médard**, présentée par M. Ch. Fabry.

Comme suite à l'étude antérieure de l'effet Raman des acides sulfurique (1) et nitrique (2) absolus, nous avons entrepris celle de leurs mélanges binaires. Il est difficile d'opérer sur des mélanges rigoureusement anhydres; mais dans les cas les plus défavorables ces mélanges ne renfermaient pas plus de 0,4 pour 100 d'eau. Les spectres de diffusion de

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 582.
(2) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 833,

ces mélanges $SO^4H^2 - NO^3H$ ont permis de faire les observations suivantes :

1° Les spectres montrent une raie Raman n'appartenant ni à SO^4H^2 ni à NO^3H; cette raie de fréquence 1400 cm^{-1} environ, est très intense et très fine. Sa position paraît indépendante de la composition du mélange; les variations, si elles sont réelles, n'excèdent pas $\pm 4\ cm^{-1}$.

Une particularité remarquable de cette raie est l'intensité avec laquelle elle apparaît dès les plus faibles valeurs de la teneur en SO^4H^2 du mélange; moins de 5/100000e d'acide sulfurique dans l'acide nitrique suffit à la faire apparaître dans les spectres de diffusion. Comme l'acide nitrique absolu est généralement obtenu en distillant un mélange de l'acide ordinaire avec de l'acide sulfurique à 66° Baumé, et qu'il renferme, par suite, des traces de SO^4H^2, ses spectres Raman montrent presque toujours l'indication de la présence d'une raie à 1400 cm^{-1} ; par contre on ne la voit plus en employant une substance rendue bien exempte d'acide sulfurique par redistillation sur du nitrate de baryum.

Le cas d'une raie Raman apparaissant avec une telle intensité dans le spectre d'un liquide quand il renferme 1/10000e d'impureté est jusqu'à présent unique. On sait qu'en général, avec les conditions actuelles de la technique, le spectre de diffusion d'un mélange binaire ne révèle plus la présence d'un des constituants si sa teneur s'abaisse au-dessous de 0,4 ou 0,3 pour 100.

Cette raie 1400, que nous appellerons désormais *raie sulfonitrique*, doit être attribuée à une association moléculaire des acides sulfurique et nitrique, comme nous le prouverons dans une prochaine Communication.

2° Toutes les autres raies des spectres sont connues comme appartenant soit au spectre de SO^4H^2 pur, soit à celui de NO^3H pur, et se présentent avec les caractères qu'elles ont chez les constituants. Quand la concentration de l'acide nitrique diminue, les fréquences de la plupart des raies auxquelles il donne naissance augmentent; par exemple, les raies 612, 674, 922, 1295 de NO^3H seul, se trouvent respectivemeut à 630, 688, 943 et 1320 dans le spectre du mélange $NO^3H : 40 - SO^4H^2 : 60$. Cet effet de la dilution est analogue, de même signe et du même ordre de grandeur que celui observé dans les mélanges binaires $NO^3H - H^2O$ (*loc. cit.*).

Les deux raies voisines 390 et 430 de l'acide sulfurique concentré sont visibles et nettement séparées dans tous les mélanges ne renfermant pas plus de 40 pour 100 de NO^3H; pour les mélanges moins riehes en SO^4H^2, elles se fondent en une seule raie, large, vers 420 cm^{-1}.

Aucun de ces mélanges binaires ne montre la raie 990 caractéristique de l'ion $(SO^4)^{--}$; mais, on y aperçoit une raie faible vers 1050 cm^{-1} et assez large pour pouvoir être considérée comme résultant de la superposition des fréquences 1048 de l'ion $(NO^3)^-$, et 1050 de l'ion $(SO^4H)^-$.

3° On sait que, sans une purification spéciale, l'acide sulfurique donne des spectres de diffusion complètement masqués par la fluorescence. Or, tous les mélanges $SO^4H^2-NO^3H$ étudiés donnent de beaux spectres, exempts de fonds continus, même s'ils sont préparés au moyen d'un acide sulfurique optiquement impur. Ceci montre que, dans ce cas, la fluorescence est le fait d'impuretés facilement oxydables, que l'acide nitrique détruit à froid. Il en résulte une méthode de purification de l'acide sulfurique concentré plus simple que l'oxydation permanganique indiquée antérieurement (*loc. cit.*); elle consiste à additionner l'acide à purifier de quelques gouttes d'acide nitrique; son seul inconvénient est de faire apparaître la raie sulfonitrique dans le spectre Raman de l'acide.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Cinétique et énergie d'activation de la décomposition thermique de la vapeur d'acétaldéhyde.* Note [1] de M. **Letort**, présentée par M. J. Perrin.

Nous avons montré [2] que la loi usuelle : $d(CH^3CHO)/dt = k.(CH^3CHO)^n$ donne deux valeurs pour l'ordre de cette réaction : l'une $n_0 = 3/2$ que nous avons appelée ordre vrai applicable aux vitesses initiales v_0, l'autre n qui rend compte du cours de chaque expérience et qui est voisine de 2 dans une fiole à paroi empoisonnée.

Fletcher et Hinshelwood [3] ayant étudié le même problème mais n'ayant pas recherché la valeur de n_0, nous avons calculé cette grandeur à partir de leurs résultats expérimentaux. Il y a, sur ce point, une excellente concordance entre leurs résultats et les nôtres. De ces deux recherches on peut conclure que l'*ordre vrai* n_0 *de la réaction est* 3/2 *pour toute la zone de pression explorée jusqu'à présent* (0,3 à 1160^{mm} de Hg).

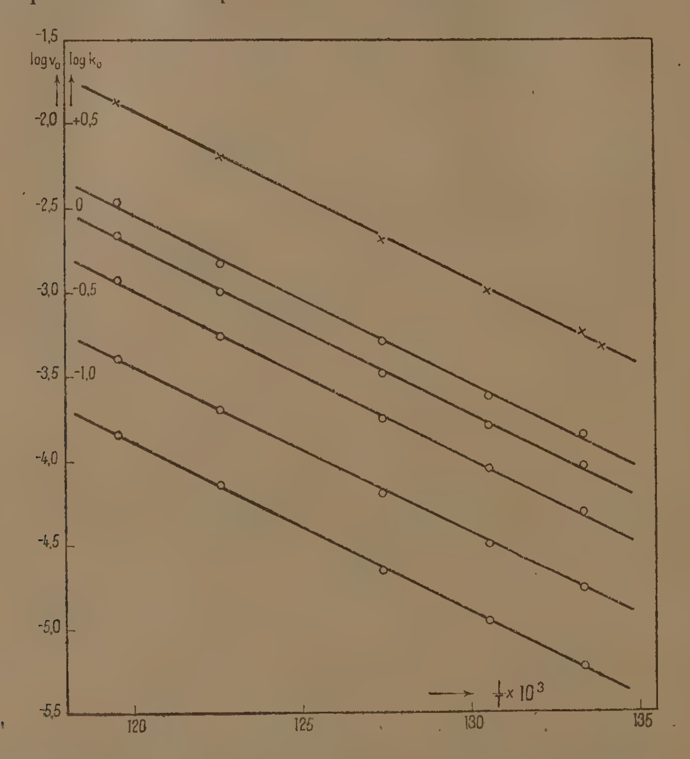
---

(1) Séance du 26 novembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 351.

(3) *Proc. Roy. Soc.* A, **141**, 1933, p. 41. Les auteurs donnent les valeurs de v_0 pour les pressions supérieures à 10^{mm}. Nous avons déterminé v_0 pour les deux plus faibles pressions étudiées (0,274 et 1,675^{mm}), grâce aux courbes d'expérience reproduites dans le mémoire.

De nos résultats nous avons calculé l'énergie d'activation de la réaction. Pour ce calcul la théorie de l'activation par collision fournit différentes formules qui rendent compte de la variation de la constante de vitesse k



avec la température. C'est la loi d'Arrhenius écrite sous la forme :

$$\log k = \log C - \frac{E}{2,3026 \, RT} \qquad (1)$$

qui suppose le moins d'hypothèses. C est la constante d'action, E l'énergie d'activation pour une mole, R la constante des gaz et T la température absolue. En se basant sur cette formule et en employant exclusivement les vitesses initiales v_0 qui vérifient la loi :

$$v_0 = k_0 . c_0^{3/2}, \qquad (2)$$

c_0 étant la concentration initiale, nous avons calculé E soit grâce aux valeurs de k_0 déterminées pour différentes températures par l'équation (2),

soit en substituant à k_0 dans l'équation (1) les valeurs de v_0 correspondant à une même concentration c_0. Le graphique montre que la courbe $\log k_0 = f(1/T)$ et les courbes $\log v_0 = f(1/T)$ pour cinq concentrations différentes sont des droites, T variant de 473°,5 C. à 564° C. Leur pente est directement proportionnelle à E et l'on tire les valeurs suivantes de E et de C :

	Courbe utilisée.				E (cal/gr).	C (min^{-1}mol$^{-1/2}$lit$^{1/2}$)
I....	$\log v_0 = f(1/T)$ pour	8,5546.10^{-3}	mol-l	(400^{mm} à 477°)	45605	36,50.10^{11}
II...	«	6,4159	» »	(300^{mm} à 477°)	45790	36,70 »
III..	»	4,2773	» »	(200^{mm} à 477°)	45605	36,88 »
IV..	»	2,1386	» »	(100^{mm} à 477°)	45820	36,76 »
V...	»	1,0693	» »	(50^{mm} à 477°)	45645	36,89 »
I *bis*.	$\log k_0 = f(1/T)$				45910	36,69 »
	Moyenne				45700	36,70.10^{11}

Les vitesses initiales permettent donc de calculer que, dans la zone de températures étudiée, l'énergie d'activation d'Arrhenius de la réaction pour une mole est égale à 45,7 kg/cal. La constante de vitesse est donnée par la formule

$$k_0(\text{minute}^{-1}\text{mol}^{-1/2}\text{litre}^{1/2}) = 36,7.10^{11} e^{-45700/RT}.$$

Les vitesses v_0 calculées par cette formule diffèrent au maximum de ± 5 pour 100 des vitesses trouvées expérimentalement. Nous montrerons ultérieurement qu'on peut résumer toute la cinétique de la réaction par la formule précédente et par la loi formelle

$$v = (k_0 c_0^{-1/2}).c^2. \quad (3)$$

v et c étant la vitesse et la concentration à un moment quelconque de la réaction (¹).

Le tableau précédent permet de remarquer qu'une variation de concentration correspondant (pour 447° C.) à un changement de pression de 50 à 400^{mm}Hg n'influe pas sur la valeur de E. Fletcher et Hinshelwood (*loc. cit.*), par un calcul différent, ont trouvé qu'une variation de pression analogue, dans la même région de température entraîne pour E une variation de 55 à 47,7 kg/cal.

(¹) Il est vraisemblable que le terme $c_0^{-1/2}$ de l'équation (3) représente l'influence retardatrice des produits de décomposition. Des expériences sont en cours à ce sujet.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Recherches sur la réaction de J. H. de Boer.* Note de M. **Raymond Charonnat**, présentée par M. A. Béhal.

J'ai rappelé [1] la méthode proposée par J. H. de Boer [2] pour la détection de traces de fluor et le dosage volumétrique du zirconium : la coloration rouge violacé obtenue avec l'alizarinesulfonate de sodium et un excès d'un sel soluble de zirconium vire au jaune sous l'influence de divers acides, celle de l'acide fluorhydrique étant particulièrement sensible. Le mécanisme de cette réaction est encore assez obscur; J. H. de Boer a noté que la formation de combinaison zirconique rouge en solution chlorhydrique est limitée aux oxyanthraquinones ayant au moins deux oxhydriles en position 1.2; en milieu presque neutre, il faut au moins 5 ou 6 ions fluor par atome de zirconium pour que la réaction soit complète, alors qu'en milieu chlorhydrique il faut d'autant moins de fluor qu'il y a plus d'hydracide.

La présence de deux oxhydriles en position 1.2 sur le noyau anthraquinonique n'est pas ici indispensable. La 2-oxyanthraquinone fournit avec le nitrate de zirconyle une combinaison jaune orangé, moins stable, il est vrai, vis-à-vis des acides minéraux, que celle de l'alizarine; lié à l'oxygène de l'oxhydrile, le zirconium doit échanger une covalence avec l'oxygène du carbonyle en position para; Pfeiffer [3] a formé des combinaisons analogues avec le chlorure d'étain-IV et la 1-oxyanthraquinone (rouge), la 1-oxyxanthone (jaune) ou l'orthoxybenzophénone (jaune).

Lorsqu'on mélange en proportions variables des solutions de nitrate de zirconyle et d'alizarinesulfonate de sodium, on obtient soit une solution limpide, soit un précipité; avec 1 atome de zirconium pour 2^{mol} d'alizarine la solution est jaune orangé; la précipitation du zirconium et de l'alizarinesulfonate est pratiquement complète quand leurs proportions respectives sont de 2 à 1; il faut atteindre ou dépasser le rapport 4 à 1 pour maintenir en solution (rouge violacé) la totalité du zirconium. La combinaison insoluble paraît être un non-électrolyte où les deux paires d'atomes d'oxygène de l'alizarine, oxygène du carbonyle et de l'oxhydrile, couplés d'un côté en position ortho, de l'autre en para, sont liées chacune à un groupement

---

(1) R. Charonnat et S. Roche, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1325.

(2) *Rec. Trav. Chim. P.-B.*, **44**, 1925, p. 1071.

(3) *Lieb. Ann.*, **398**, 1913, p. 137.

de zirconyle; de ce complexe (plus ou moins condensé) dériverait un cation alizarinedizirconyle dont l'alizarinesulfonate est la combinaison orangée et le zirconnitrate la combinaison rouge violacé soluble.

Celle-ci est stable en solution aqueuse, neutre ou alcaline, même pendant plusieurs mois; elle filtre alors sans résidu, mais, après addition d'une petite quantité d'acétate d'ammonium, la solution, qui reste quelque temps limpide, laisse sur le filtre tout son colorant; dans l'électrophorèse l'ion coloré se dirige vers la cathode.

Tous les acides semblent agir de la même façon sur ce réactif, mais les plus hautes concentrations réalisables en liqueur aqueuse (ou alcoolique) ne permettent pas d'observer, pour la plupart d'entre eux, tous les degrés de cette action.

Le premier terme est la floculation complète du colorant; on l'obtient même avec les acides les plus faibles (acide carbonique, hydrogène sulfuré, phénol), en l'absence d'autres acides naturellement. La concentration de l'acide ajouté s'élevant, on voit régresser la précipitation et le réactif dilué prendre une teinte saumon; elle correspond à un mélange d'alizarinesulfonate libéré, jaune et de complexe zirconalizarine, plus ou moins modifié d'ailleurs par l'anion ajouté, car la nuance de la solution varie avec cet anion. La concentration de l'acide continuant à s'élever, on observe, pour une dizaine d'anions, la mise en liberté complète de l'alizarine sulfonée. Un quatrième stade a été observé pour de fortes concentrations de plusieurs acides minéraux (phosphorique, sulfurique ou mélange chlorhydrique-fluorhydrique) : la couleur jaune de l'alizarine, d'abord intégralement libérée, disparaît au bout de quelques heures, tandis que les mêmes quantités d'acide et d'alizarine sulfonée ne se décolorent pas en l'absence de zirconium.

En solution chlorhydrique les proportions de fluor nécessaires à la libération totale de l'alizarine sulfonée sont bien supérieures à celles indiquées par J. H. de Boer; en vérité la réaction est toujours incomplète et limitée par un équilibre; avec 50^{cm^3} d'eau, 5^{cm^3} d'acide chlorhydrique concentré et 5^{cm^3} de réactif (contenant par litre $0^{gr},17$ d'alizarinesulfonate de sodium et $0^{gr},87$ de nitrate de zirconyle) il faut, non pas $1^{mg},6$ d'ion fluor (6 F pour 1 Zr), mais 7^{mg} pour obtenir la disparition pratiquement complète du précipité rose rassemblé en 24 heures. En présence de teneurs croissantes en acide chlorhydrique, les quantités de fluor nécessaires à la décomposition du même volume de réactif vont en diminuant; la concentration de l'hydracide atteignant 8,45 N, dans un mélange contenant 5^{cm^3}

de réactif pour 60^{cm^3}, la décomposition pratiquement totale est obtenue sans fluor. Chaque acide est ainsi caractérisé par une concentration minimum : FH : 0,001 N; PO^4H^3 : 0,16 N; SO^4H^2 : 4,1 N; Br H : 10,5 N.

Il est remarquable que les acides fluorhydrique et orthophosphorique sont aussi ceux qui provoquent la floculation du réactif aux plus faibles concentrations : cette réaction de floculation a pour l'acide phosphorique la même sensibilité que la réaction nitromolybdique.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Microdosage de la caféine par colorimétrie.* Note de M. **Georges Denigès**, présentée par M. A. Desgrez.

La caféine, dans les diverses substances qui la renferment, est habituellement dosée pondéralement après isolement, finalement, à l'état de solution chloroformique, par évaporation de ce liquide.

Dans ce procédé, on admet que les manipulations nécessaires pour amener le produit à doser en solution dans le chloroforme, n'introduisent pas, dans ce dissolvant, d'autres substances que la caféine.

C'est généralement exact, mais il n'est guère de moyen de s'en assurer, le caractère cristallin du résidu n'étant pas un indice certain d'une purification absolue.

De plus, les quantités inférieures des produits à doser sont fortement limitées par la sensibilité des balances de précision ordinaires.

L'application, à la caféine, d'une transformation complète de la réaction qualitative des xanthides qui porte le nom de Weidel et sera développée ailleurs, nous a permis de doser rapidement, par colorimétrie, et spécifiquement dans des conditions où l'on peut aisément se placer, des quantités de cet uréide comprises entre 1 et 20 dixièmes de milligramme, en opérant comme suit :

La solution chloroformique de caféine est évaporée à siccité, à une très douce chaleur, dans une capsule de porcelaine, à manche, d'environ 5^{cm} de diamètre, et son résidu est additionné de VI gouttes d'eau bromée, saturée à froid, et d'acide chlorhydrique pur (D = 1,18 ou 1,19) étendu de 9 fois son volume d'eau. L'acide chlorhydrique dit *normal* (1 molécule-gramme par litre) convient parfaitement à cet usage.

Agitant alors rapidement et constamment la capsule, d'un mouvement giratoire continu, suivant un cercle d'assez court rayon ayant pour centre la pointe de la flamme d'un brûleur Bunsen et dont le plan coupe la partie

supérieure de cette flamme, on évapore le liquide à siccité et l'on continue à chauffer, toujours dans les mêmes conditions, jusqu'à ce que l'enduit soit, en totalité, devenu rouge-orangé, sans traces de jaune et, évidemment, sans calcination. On se fait, très vite, à ce point un peu délicat de l'opération.

Lorsqu'il est atteint, on ajoute, dans la capsule, 10^{cm^3} d'eau distillée, I goutte d'une solution à 5 pour 100 [1] d'acétate mercurique, on agite avec une baguette de verre afin de dissoudre le résidu — ce qui est très rapide — et l'on introduit le liquide coloré dans un tube à essai de 12 à 15^{mm} de diamètre.

On compare, alors, la teinte de ce liquide avec celle de liquides colorés étalons préparés, dans des conditions aussi identiques que possible, avec des quantités de caféine de 1, 2, 4, 6, 8, 10 et 12 dixièmes de milligramme qu'on mesurera à l'aide d'une solution de caféine pure, dans l'acide chlorhydrique dilué, renfermant 20^{cg} de cet uréide pur dans 100^{cm^3} de véhicule et dont I goutte (comptée au compte-gouttes normal) représente bien $0^{mg},1$ de caféine. La coloration grenadine de ces étalons est très stable.

Si, dans cette technique, on remplace l'acétate de mercure par l'acétate de zinc de même titre [2] (II gouttes de ce réactif et I goutte d'acide acétique) la coloration obtenue est jaune et se prête aussi, très bien, à une comparaison par coloriscopie.

Enfin la simple dissolution, dans l'eau, du résidu rouge orangé de la dessiccation peut, à la rigueur, fournir des liquides roses permettant un dosage de la caféine par colorimétrie, mais avec moins d'avantage, toutefois, que lorsqu'on se sert d'acétate de mercure ou de zinc.

Il va sans dire que la tenenr en caféine, des prises d'essai, doit être comprise entre 1 et 12 à 16 dixièmes de milligramme, au plus, si l'on veut avoir de bons dosages. Mais cette condition est facilement remplie par une dilution appropriée de la solution chloroformique mère, quelle que soit la teneur de cette solution en principe actif.

---

(1) Cette solution sera ainsi préparée : dissoudre, à chaud, 5^g d'acétate de mercure dans 100^{cm^3} d'eau acidulée de 2^{cm^3} d'acide acétique cristallisable.

(2) Préparé en dissolvant, à chaud, 5^g d'acétate de zinc dans 100^{cm^3} d'eau acidulée par 2^{cm^3} d'acide acétique cristallisable, ou 3^g d'oxyde de zinc, précipité, dans 6^{cm^3} d'acide acétique cristallisable et suffisamment d'eau distillée pour obtenir un volume total de 100^{cm^3}.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation vinylique et hydrobenzoïnique des α-glycols cyclaniques. Extension de la transposition hydrobenzoïnique à la série cyclanique.* Note de M. **M. Tiffeneau** et Mlle **B. Tchoubar**, présentée par M. A. Béhal.

Nous avons constaté récemment [1] que dans la déshalogénation magnésienne des halohydrines des méthyl-1-cyclohexanediols-1.2 et de leurs homologues, les isomères *cis* ne se comportent pas de la même manière que les *trans* correspondants [2]. Tandis que les uns donnent lieu exclusivement à une transposition semipinacolique comportant la formation d'une cétone avec raccourcissement du cycle (acétylcyclopentane et ses homologues), les autres sont déshalogénés avec formation prépondérante d'une cyclohexanone non transposée.

Nous nous sommes proposé de rechercher si de telles différences de comportement peuvent être observées dans l'action des agents déshydratants sur les glycols *cis* et *trans* correspondants. Nous avons examiné à cet effet la déshydratation catalytique, non encore étudiée jusqu'ici, des deux orthocyclohexanediols *cis* et *trans* et des deux *o*-méthylcyclohexanediols également *cis* et *trans*. Dans tous les cas la déshydratation de ces glycols a été effectuée dans les mêmes conditions, à savoir en faisant passer sur Al^2O^3 à 250-300° les vapeurs du glycol obtenues en chauffant celui-ci sous un vide de 20^{mm} avec rentrée d'azote. Les rendements en produits de déshydratation ont varié suivant les glycols de 35 à 90 pour 100. Chaque isomère a fourni un produit différent ou un mélange en proportions inégales de produits différents.

I. *Déshydratation catalytique des cyclohexanediols*-1-2 cis *et* trans [3] :

1° *Cis.* — La déshydratation du *cis* fournit presque exclusivement la cyclohexanone accompagnée de traces d'aldéhyde cyclopentylformique.

2° *Trans.* — La déshydratation du *trans* fournit exclusivement l'aldéhyde cyclopentylformique (semicarbazone, F. 123-124°).

---

(1) Tiffeneau et B. Tchoubar, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 360.

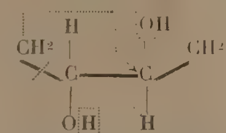
(2) Bartlett et Rosenwald (*J. Am. Chem. Soc.*, 56, 1934, p. 1990) ont fait des constatations analogues; la chlorhydrine *trans* du méthylcyclohexanediol-1,2 traitée à froid par NaOH à 20 pour 100 fournit l'époxyde correspondant alors que l'isomère *cis* chauffé avec la soude à 33 pour 100 ne fournit pas d'époxyde, mais une cétone transposée, l'acétylcyclopentane.

(3) Préparés d'après Palfray et Rothstein, *Bull. Soc. chim.*, 43, 1928, p. 1122.

On peut admettre que pour le *trans* la déshydratation s'est produite suivant le type hydrobenzoïnique avec migration exclusive du CH^2 qui émigrerait de préférence à l'H voisin, tandis que pour le *cis* la déshydratation s'effectuerait suivant le mode vinylique. Dans les deux cas, elle aurait lieu transversalement, c'est-à-dire d'une part entre l'hydroxyle placé au-dessus du plan du cycle; d'autre part, soit avec l'hydrogène non hydroxylique pour le *cis* (1°), soit avec l'hydrogène hydroxylique pour le *trans* (2°) :

OH OH
CH^2 C—C CH^2
H H

1° (*cis*). Déshydratation vinylique. Migration de H hydroxylique (flèche).



2° (*trans*). Déshydratation hydrobenzoïnique. Migration de CH^2 (flèche).

II. *Déshydratation des deux méthyl-1-cyclohexanediols*-1-2-cis *et* trans [1].

1° *Cis*. — Le dérivé *cis* (F. 68°) est déshydraté vers 250° presque intégralement (90 pour 100 environ), en fournissant surtout la méthyl-2-cyclohexanone et une petite quantité de méthyl-1-cyclopentylformaldéhyde. Il s'agit vraisemblablement d'une déshydratation vinylique, c'est-à-dire d'une déshydratation s'effectuant transversalement entre OH tertiaire et l'hydrogène non hydroxylique du CHOH voisin.

2° *Trans*. — La déshydratation du glycol *trans* (F. 81°) effectuée vers 250° est généralement incomplète (près de 45 pour 100); le produit obtenu contient environ 70 pour 100 d'*o*-méthylcyclohexanone et 30 pour 100 d'aldéhyde méthyl-1-cyclopentylformique-1. On peut supposer que la déshydratation s'est produite exclusivement suivant le mode semihydrobenzoïnique, c'est-à-dire entre l'OH tertiaire et l'H hydroxylique du CHOH voisin, ce qui implique la possibilité d'une migration du CH^2 avec raccourcissement de cycle (flèche *b*), et du CH^3 sans modification de cycle (flèche *a*) :

OH OH
CH^2 C—C CH^2
H CH^3

1° (*cis*). Déshydratation vinylique. Migration de H hydroxylique (flèche).

H (*b*) OH
CH^2 C—C CH^2
(*a*)
OH CH^3

2° (*trans*). Déshydratation semihydrobenzoïnique. Migration de CH^3 (*a*) et de CH^2 (*b*).

Si l'on exclut toute possibilité d'isomérisation du *cis* en *trans* et inversement, et si l'on admet que la déshydratation du *cis* a lieu suivant le mode vinylique et la déshydratation du *trans* suivant le mode hydrobenzoïnique, il résulterait des faits ci-dessus que la déshydratation s'effectue plus facilement par élimination transverse que par élimination d'un même côté du plan du cycle. Ainsi pour les glycols *cis* l'élimination d'eau aurait lieu non

(1) Préparés d'après BARTLETT et ROSENWALD, *loc. cit.*, p. 1993.

entre les deux hydroxyles placés au-dessus du plan du cycle, mais entre l'un de ces hydroxyles (le tertiaire dans le cas du méthylcyclohexanediol) et l'hydrogène placé dans le plan opposé; de même pour les glycols *trans* l'élimination d'eau se produirait entre les deux hydroxyles placés l'un au-dessus, l'autre au-dessous du plan du cycle.

Une autre conséquence de ces faits est que les transpositions ci-dessus décrites s'effectuant comme dans le type hydrobenzoïnique

Ar — CH (O) — CH — Ar

ou semihydrobenzoïnique

Ar — CH (O) — C (RR)

ce type peut s'appliquer à la série cyclanique. Ce type n'est donc plus l'apanage exclusif des glycols aromatiques dans lesquels une des fonctions alcool, celle qui fournit son hydrogène hydroxylique, est au voisinage d'un radical aryle. Il convient donc, en ce qui concerne cette transposition en série cyclanique, de ne lui conserver son nom que sous les réserves exprimées ci-dessus.

MINÉRALOGIE. — *Étude de la déshydratation de la parasépiolite fibreuse de Madagascar.* Note de Mlle S. Caillère.

La nature de l'eau contenue dans les sépiolites est encore assez mal connue. Certains auteurs, comme F. Zambonini [1], pensent que ces silicates sont des gels; la plupart, avec M. A. Lacroix [2], leur attribuent une composition bien définie sans toutefois leur reconnaître la même teneur en eau de constitution. J'ai essayé de préciser cette question en reprenant l'étude de la déshydratation du minéral d'Ampandrandava [3] et en la complétant par un examen aux rayons X des produits de la calcination, à l'aide de la méthode de Debye et Scherrer. Tout d'abord, l'analyse thermique différentielle de ce minéral a été recommencée en utilisant un four à résistance électrique permettant d'atteindre, dans le même temps, une température maxima plus élevée. De cette façon, la sensibilité est plus grande que pré-

(1) *Atti R. Acc. Napoli*, 14, 1908, p. 77.

(2) *Bull. Mus. Hist. nat.*, 2, 1896, p. 73.

(3) S. Caillère, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 416.

cédemment au voisinage de 800°. En effet la courbe obtenue présente bien un premier crochet endothermique vers 400°, mais au lieu de la seconde inflexion à 800° observée dans mon premier essai, elle met en évidence un crochet endothermique entre 760 et 800° suivi d'un léger phénomène exothermique entre 800-850°. Au delà de 850° et jusqu'à 1300°, elle ne décèle aucune transformation. La déshydratation dans le vide (0^{mm},03 de mercure) de 0^{g},4510 de cette sépiolite, séchée à l'étuve et ayant perdu 12,06 pour 100 de son poids, a été faite de la façon suivante :

Temps..............	–	264^{h}	103^{h}	144^{h}	360^{h}	24^{h}
Température.........	100°	190°	290°	465°	675°	720°
Pertes de poids......	12,06	0,26	4,84	0,44	3,42	0,30
		5,10		4,16		

On voit que l'eau se dégage surtout à 110° et dans les intervalles 190°-290° et 465-675°; à 720° le minéral est entièrement déshydraté. La courbe de déshydratation dans le vide précise les points de départ qui se placent vers 100°, 270° et 665°. Ces températures sont inférieures à celles déduites de l'analyse thermique; une remarque analogue a déjà été faite dans l'étude des chlorites [1] et des serpentines [2]; le fait s'explique par la plus grande sensibilité du dispositif de déshydratation dans le vide. Ces premiers résultats ne permettent donc pas d'adopter la conclusion de F. Zambonini.

Étude aux rayons X des produits de la déshydratation. — Le diagramme obtenu, par la méthode de Debye et Scherrer, pour le minéral de Madagascar avant sa calcination, est absolument identique à celui des sépiolites typiques de Coulommiers et d'Eski-Chehir. Celui de la sépiolite étudiée, après chauffage à 110°, est semblable à celui du minéral originel; enfin le diagramme de la substance chauffée à 465° présente les mêmes raies que les précédents, mais celles-ci sont légèrement plus floues. A 675° elles ont disparu, *toute structure cristalline semble détruite*; à 1000° le produit est redevenu cristallin; les raies du spectre assez nombreuses sont peu nettes, mais peuvent être toutes rapportées à l'enstatite. Il y a donc lieu de penser que le phénomène exothermique mis en évidence par la courbe d'analyse thermique est dû à une recristallisation de la substance amorphe. Enfin le diagramme du produit calciné à 1300° montre de nombreuses raies très

---

(1) J. Orcel, *Thèse*, 1927; *Bull. Soc. Min.*, 50, 1927, p. 89.

(2) S. Caillère, *C. R. 67e Congrès Soc. Sav.*, 1934, p. 66.

fines qui correspondent à celles de l'enstatite et de la cristobalite. La dissociation de la sépiolite par la chaleur peut s'exprimer ainsi :

$$H^4Mg^2Si^3O^{10} = 2H^2O + 2SiO^3Mg + SiO^2.$$

Cette identification des produits de calcination concorde avec la valeur de la densité (2,78) mesurée précédemment; de plus la formation de cristobalite à cette température au lieu de la tridymite a déjà été constatée (¹).

Étude optique. — L'étude microscopique de ces différentes poudres met toujours en évidence une substance biréfringente. L'aspect initial des fibres de sépiolite reste conservé jusqu'à 675°; au-dessus de cette températrure ces fibres sont transformées en autant d'agrégats de très petits cristaux arrondis. L'indice de réfraction (mesuré par immersion) de cette sépiolite est 1,49. Il conserve la même valeur après séchage à l'étuve. Il augmente ensuite jusqu'à la valeur 1,54 à 465°, reste constant après la déshydratation à 675° et atteint environ 1,61 dans le produit calciné à 1300°, où il est impossible d'identifier l'enstatite et la cristobalite.

La comparaison des analyses chimiques du minéral d'Ampandrandava, de la sépiolite asbestiforme des environs d'Antsirabe :

SiO^2, 53,10; Al^2O^3, 0,32; Fe^2O^3, 1,31; FeO, 0,26; CaO, 1,27; MgO, 24,87; H^2O (—), 8,42; H^2O (+), 10,11; total, 99,66

et de la prétendue asbeste de Madriat en Sistrière (Haute-Loire) :

SiO^2, 54,37; Fe^2O^3, 0,98; CaO, 0,59; MgO, 24,13; H^2O (—), 9,41; H^2O (+), 10,19; total, 99,67

montre la variation de la teneur en eau hygroscopique et la constance presque parfaite de la proportion d'eau se dégageant au-dessus de 110° (10 pour 100).

En résumé, pour coordonner les résultats obtenus par ces différentes méthodes, on ne peut considérer comme eau de constitution la totalité de l'eau contenue dans la sépiolite. Aussi doit-on préférer à la formule de Fersmann (²) $H^8Mg^2Si^3O^{12}$, celle indiquée par H. Leitmeier (³) $H^4Mg^2Si^3O^{10}$. Une étude approfondie de la structure du minéral permettra peut-être de savoir s'il faut attribuer aux deux sortes d'eau de constitution un rôle différent dans l'édifice cristallin.

(¹) J. B. FERGUSSON et H. E. MERWIN, *Amer. Jour. Sc.*, 46, 1918, p. 417.

(²) *Recherches sur les silicates de magnésie*, p. 255.

(³) *Sitzber. K. Akad. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl.*, 124, 1915, p. 172.

LITHOLOGIE. — *La boehmite et le diaspore dans les fireclays de l'Ayrshire* (*Écosse*). Note [1] de M. **Jacques de Lapparent**, présentée par M. L. Cayeux.

Il existe dans l'Ayrshire, à la limite du Millstone Grit et des Coal Measures, un horizon de fireclays qui tire ses matériaux originels de laves basaltiques émises en abondance à cette époque. On en suit l'affleurement depuis le bord de la mer à Saltcoats par Kilwinning jusqu'à Fenwick, au Nord de Kilmarnock.

Une importante étude de ces fireclays fut faite, il y a quelques années, par M. G. V. Wilson, d'Edimbourg [2]. Ce savant mit en évidence le caractère hautement alumineux des roches en question et montra que la plupart d'entre elles se déterminent, du fait de leur composition chimique, comme *bauxitic clays*.

Grâce à l'obligeance de M. Wilson et de M. W. J. Mac Callien, j'ai pu découvrir que le constituant purement alumineux de ces roches est principalement la boehmite [3], à laquelle s'ajoute, pour certains types, et en petite quantité, le diaspore.

Les cristaux de boehmite (AlO^2H) sont abondamment répandus dans les types pisolithiques des bauxitic clays de l'Ayrshire. Ils sont associés à la kaolinite, mais toujours de telle manière que la cristallisation de ce minéral soit postérieure à la leur. Il y a plus ou moins de kaolinite suivant que la roche est plus ou moins siliceuse. On reconnaît, comme les analyses chimiques le laissaient prévoir, que les pisolithes sont essentiellement formés de boehmite. Cette dernière, en menus cristaux, constitue aussi la masse de petits débris de basalte emballés dans la roche pisolithique. Mais la boehmite s'est particulièrement bien développée dans les parties drusiques où l'on voit des cristaux dont certains atteignent près de 6 centièmes de millimètre de longueur. Ce sont les plus grandes boehmites qu'il m'ait été donné de contempler. Les roches de l'Ayrshire peuvent être considérées comme le plus beau gisement de ce minéral.

---

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) *The Ayrshire Bauxitic Clay*, *Mem. of the Geol. Surv.*, *Scotland*. Edinburgh, 1922.

(3) *Comptes rendus*, **189**, 1929, p. 995, et **184**, 1927, p. 1661.

Grâce à ce développement des cristaux, j'ai pu expérimenter à nouveau sur la biréfringence de la boehmite qui apparaît comme un peu inférieure à ce que je l'avais cru être dans mes études antérieures : elle ne dépasse pas 0,013. J'avais jadis sous-estimé l'épaisseur des cristaux très petits dont je mesurais le retard optique. Les formes sont d'ailleurs identiques à celles des boehmites habituelles des bauxites; et la projection des cristaux prismatiques sur leur base, en forme de navette, reste des plus caractéristiques.

Quand il y a du diaspore dans ces roches, on voit qu'il s'y est produit dans les parties boehmitiques les plus fines sous forme de cristaux bien discernables et relativement gros. Il présente ce caractère constant du diaspore des roches bauxitiques d'accepter, en quelque sorte, l'impureté du milieu où il se produit. Il est encore là, comme dans les bauxites, postérieur à la boehmite.

Il y a une très nette analogie entre les fireclays de l'Ayrshire et certaines des bauxites que j'ai décrites des Pyrénées (Ariège), et qui sont d'âge crétacé, ante-aptien [1]. Cependant, la matière originelle des unes et celle des autres sont bien différentes. Si, dans le cas de l'Ayrshire, il s'agit de produits de décomposition de laves basaltiques, dans le cas des Pyrénées, il s'agit d'argiles de décalcification. Mais il est très remarquable que les conditions qui sont intervenues lors de la diagenèse de ces formations aient été les mêmes.

C'est effectivement en milieu essentiellement humique que, dans l'un et l'autre cas, la cristallisation des hydrates d'alumine s'est produite pour élaborer, aux dépens des gels alumineux, la boehmite. Dans l'Ayrshire, les couches charbonneuses recouvrent immédiatement l'horizon de fireclays : dans les Pyrénées, de puissantes couches ligniteuses recouvrent la bauxite là où il y a eu beau développement de boehmite (Péreille, Ariège). Et l'on peut étendre à la Provence la même remarque, où les bauxites du Crétacé supérieur, siliceuses au toit des gîtes, montrent des cristaux de boehmite bien discernables quand elles supportent des bancs ligniteux.

Quant au diaspore, il est, pour tous ces cas, le minéral qui témoigne de l'enfouissement du gisement et joue le rôle d'une sorte de thermomètre géologique.

La découverte de la boehmite dans les fireclays de l'Ayrshire légitime le nom d'argiles bauxitiques qui leur a été donné par M. Wilson et rend, du même coup, parfaitement vaine une argumentation de M. Cyril S. Fox qui

---

(1) J. de Lapparent, *Mém. de la Carte géol. détail. de la France*, Paris, 1930.

prétendait à leur dénier tout droit à cette dénomination ([1]). Elle est en outre intéressante parce qu'elle nous montre qu'à l'époque du Carbonifère, en Écosse, des conditions physiques régnaient, analogues à celles du Crétacé en Provence; les roches d'Écosse nous fournissant à la fois les plus belles et les plus vieilles boehmites actuellement connues.

LITHOLOGIE. — *Méthodes pour la séparation de la fraction argileuse des roches sédimentaires.* Note ([2]) de M. **Maurice Dreyfuss**, présentée par M. L. Cayeux.

Il existe, dans la plupart des roches sédimentaires, une quantité plus ou moins grande de substances assez mal définies qui semblent présenter des affinités avec les argiles : elles sont plastiques, onctueuses, douées de propriétés colloïdales, et paraissent consister essentiellement en alumino-silicates, que certains auteurs ont rapprochés de la bravaisite ([3]), alors que d'autres les considèrent comme voisins des permutites et des zéolites ([4]). Très abondantes dans les marnes, ces substances existent également dans les calcaires.

Les méthodes mécaniques ne permettent pas de séparer cette « fraction argileuse » des roches, en raison de la très grande finesse des particules qui la composent ([5]).

Les méthodes chimiques ont donné quelques renseignements sur sa composition, mais ne permettent pas de l'isoler; de plus, la présence constante de minéraux divers, et la facilité avec laquelle ces « argiles » sont décomposées faussent les résultats des analyses dans un grand nombre de cas.

Les méthodes électriques, employées avec succès par M. P. Urbain ([6]) pour les roches très argileuses, ne paraissent plus applicables lorsqu'on a affaire à une roche où l'argile n'est pas l'élément dominant.

([1]) Cyril S. Fox, *The Mining Journal*, 1923, p. 194-195, et *Bauxite and Aluminous Laterite*, p. 156-158, Londres, 1932.

([2]) Séance du 10 décembre 1934.

([3]) Le Chatelier, *Comptes rendus*, 118, 1894, p. 262; Thiébaut, *Contribution à l'étude des sédiments argilocalcaires du bassin de Paris* (*Thèse*, Paris, 1925).

([4]) Ross and Kerr, *Journ. of sedimentary petrology*, 1, n° 1, mai 1931; Demolon, *Recherches physicochimiques sur la terre à briques* (*Thèse*, Paris, 1926).

([5]) Cf. Strow, *Amer. Miner.*, 16, 1931, p. 226.

([6]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 964.

Tout récemment, MM. Demolon et Bastisse ont décrit une méthode de peptisation des substances argileuses par le citrate de sodium, qui leur permet de les isoler à partir des sols (¹).

La méthode suivante est également une méthode de séparation de l'argile par défloculation : son principe est toutefois assez différent, et elle peut être utilisée pour extraire l'argile des roches, *même lorsqu'elles en contiennent très peu ;* nous avons recours, non pas à des corps faisant varier le pH du milieu, mais à des composés ayant un rôle stabilisateur vis-à-vis des suspensions colloïdales. Grâce à ces stabilisateurs, on obtient des suspensions d'argile que l'on peut conserver sans qu'aucune floculation se produise pendant des temps pouvant aller jusqu'à plusieurs semaines.

Si l'on prépare une suspension avec un échantillon de roche brut, et qu'on la laisse ensuite au repos, les minéraux cristallins tombent au fond, et l'on peut alors décanter une liqueur dans laquelle il ne reste que les substances colloïdales et le produit stabilisateur. Il faut alors récupérer l' « argile » : pour cela on transforme la substance stabilisatrice en une ou plusieurs substances qui laisseront facilement floculer la suspension.

Pratiquement, nous avons utilisé :

1° Des solutions de savons de potasse à 2 pour 100. La précipitation peut être obtenue facilement en ajoutant 10^{cm^3} d'acide acétique par litre de suspension : la floculation se produit à froid. Le précipité est lavé à l'eau, afin d'entraîner les acétates formés par la décomposition du savon, et à l'éther pour dissoudre les acides gras.

2° Des solutions de gomme arabique à 1 pour 100. On provoque la floculation en hydrolysant la gomme à l'aide d'acide chlorhydrique à raison de 15^{cm^3} par litre. Il suffit alors de laver le précipité à l'eau.

3° Des solutions de gélatine à 0,25 pour 100. La floculation est obtenue dans ce cas par une digestion de quelques heures avec de la pepsine.

L'inconvénient des deux premiers procédés est l'utilisation d'acides : mais ceux-ci sont toutefois assez dilués pour ne pas décomposer les substances argileuses (²). On peut d'ailleurs, afin de s'entourer de garanties supplémentaires, employer toujours simultanément, pour un même échantillon, au moins deux de ces procédés.

Il s'agit d'ailleurs d'une méthode générale, et le nombre des substances stabilisatrices utilisables est considérable; toutefois, leur décomposition pour obtenir la floculation est souvent difficile à obtenir, ou ne peut être

(¹) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 675.
(²) Cf. Thiébaut, *loc. cit.*, p. 43 et suiv.

obtenue sans risque d'attaquer les matières argileuses. D'autre part, certains stabilisateurs sont plus efficaces que d'autres : c'est ainsi que les produits cités plus haut nous ont donné, en étudiant des échantillons de marnes et de calcaires, des suspensions contenant 5 à 7^{g} de matière argileuse par litre, alors que des essais avec l'empois d'amidon et l'albumine n'ont donné qu'un faible rendement. Enfin, certains produits, comme par exemple les oléates organiques, sont intéressants, mais leur prix élevé ne permet pratiquement de les employer que pour des essais peu importants.

Quel que soit le produit employé, il est nécessaire, pour obtenir un bon résultat, de procéder de la façon suivante :

1° la roche est finement broyée;

2° la poudre ainsi obtenue est intimement mélangée dans un mortier avec le poids de substance stabilisatrice nécessaire pour obtenir un litre de suspension;

3° l'eau est ajoutée progressivement, pendant que le mélange est continuellement brassé. Le contenu du mortier, d'abord visqueux, devient de plus en plus liquide;

4° on complète alors avec de l'eau pour obtenir un litre;

5° la suspension est laissée au repos pendant au moins 24 heures, puis décantée;

6° l'argile est récupérée sur la partie décantée de la suspension par la méthode appropriée au stabilisateur employé.

GÉOLOGIE. — *La découverte du Wealdien sous la région parisienne.* Note de MM. **Paul Lemoine**, **René Humery** et **Robert Soyer**.

Nous avons publié [1] les résultats des forages d'Orsay et de Poissy, qui ont pénétré dans les assises infra-crétacées. Un puits, foré de juin à septembre 1934 à la Brasserie Richard frères, 68, route stratégique, à Ivry-sur-Seine, a dépassé notablement les couches reconnues dans les précédents sondages et fourni des renseignements fort intéressants sur les couches éocrétacées de la région de Paris.

L'orifice du sondage est à la cote + 64,00. Dans le Nummulitique, le Crétacé supérieur et moyen, on a traversé d'abord :

3,50 m	Terre végétale, Remblais.......	3,50	+ 60,50
21,57	Lutétien.....................	25,07	+ 38,93
24,73	Sparnacien...................	49,80	+ 14,20
306,80	Sénonien.....................	356,20	—292,60
109,32	Turonien.....................	465,92	—401,92
70,65	Cénomanien-Vraconien.........	536,57	—472,57
34,66	Albien (Gault)...............	571,23	—507,23
72,87	Albien (Sables verts).........	644,10	—580,10

(1) *Bull. Muséum hist. naturelle*, 2e série, 5, vi, 1933, p. 501-504.

Crétacé inférieur. — *Aptien*, 644,10 à 658,24 : argiles noires, brunes, grises, à passages sableux et pyriteux sur 14^{m},14. 658,24 à 669,25 : argiles gris-jaunâtres feuilletées sur 11^{m},01. Vers 658,70 : *Parahoplites Deshayesi* Leym; *Saynella raresulcata* Leym; *Douvilleiceras* sp.; à la base : niveaux à pélécypodes abondants. 669,25 à 679,04 : sables blancs compacts très fins, argileux, où s'intercale (671,13 à 671,28) une lumachelle ligniteuse à huîtres et lamellibranches indéterminables, puis une marne grise argileuse, des sables gris et verdâtres, un banc d'argile noire schistoïde, des sables blanc-verdâtres glauconieux. 679,04 à 685,23 : argiles noires feuilletées, micacées, alternant avec des schistes argileux et des grès siliceux à glauconie et pyrite.

La présence dans les argiles de 644,10 à 669,25 d'ammonites typiques du Bédoulien supérieur ne laisse aucun doute sur l'attribution de cette série à la zone à *Parahoplites Deshayesi* et les 15^{m},98 de sables divers à niveaux argileux (669,25 à 685,23) représenteraient la zone à *Terebratulina Astieriana*.

Barrémien. — 685,23 à 687,83 : argiles bariolées alternant avec des sables blancs à Muscovite. 687,83 à 693,35 : sable blanc fin barré par deux couches d'argile panachée. 693,35 à 696,95 : 2^{m},60 d'argiles schistoïdes panachées : vertes, violacées, rouges et blanches compactes. 696,95 à 708,73 : argiles bleutées. 700,73 à 703,79 : sables blancs très fins, puis argiles noires et grises lustrées, jusqu'à 704,34. Cette série, de 685,23 à 704,34, n'a fourni aucun fossile.

Nous proposons de placer dans le Barrémien ce complexe d'argiles bariolées, sables blancs et argiles grises : Barrémien supérieur jusqu'à 696,94, de faciès analogue à l'Argile rose marbrée du Bray et aux sables et argiles panachés de la bordure orientale du Bassin de Paris. Le Barrémien inférieur serait représenté par 7^{m},40 de sédiments, ce qu'on ne peut cependant préciser, en l'absence de fossiles dans les échantillons extraits.

Néocomien. — Argiles panachées, onctueuses, de 704,34 à 712,65. Sables fins blancs, avec calcaires marneux et galets de grès siliceux brun jusqu'à 715,72. Argiles bariolées : noires, grises et brunes au sommet, roses bleues et lie de vin vers la base, de 715,72 à 730,07.

Le retour d'argiles panachées avec intercalations sableuses offre une grande similitude avec les Argiles grossières de Leymerie et nous proposons de placer dans l'Hauterivien la série de 704,34 à 730,07.

Wealdien. — 730,07 à 738,04 : argiles tendres, sableuses, bleuâtres. 738,04 à 738,79 : sables gris fins, glauconieux, à nodules gréseux. Entre 738,79 et 740,21 : sables à filets argileux présentant des traces végétales et de rares Cardiidés indéterminables. 740,21 à 741,71 : argiles compactes, schistoïdes, grises, à lignites, avec innombrables empreintes végétales où nous avons reconnu : *Weichselia reticulata* = *Lonchopteris Mantelli*. de 741,71 à 744,21 (fond du forage) : argiles grises feuilletées avec passages de sables blancs, et argiles noires schisteuses à fragments de grès et lignites.

Nous attribuons au Wealdien les couches de base où la présence de *Weichselia* démontre la similitude avec le Wealdien du Bray, où les *Lonchopteris* sont fréquents.

Résumé. — De même que le Crétacé supérieur et moyen, le Crétacé inférieur est bien représenté sous la région parisienne. Comme M. G. Corroy

l'avait prévu, l'Aptien supérieur (*Gargasien*) n'a pas atteint Paris. Le *Bédoulien* atteint 41^m^ à Ivry; le *Barrémien* incomplet ne serait représenté que par 19^m^ de dépôts.

Pour le Néocomien, dont l'épaisseur semble importante, il est très intéressant de constater que le Néocomien inférieur est représenté ici par le faciès wealdien (type occidental du Pays de Bray) et non par le faciès marin connu dans l'Est du bassin de Paris.

Le Wealdien n'a été foré que sur 14^m^, sous 25 d'Hauterivien, alors que dans le Pays de Bray, des forages l'ont traversé : sur plus de 27^m^ à Avesnes en Bray, et 39^m^ à Clères.

Le fond du forage doit se trouver à quelques dizaines de mètres des niveaux supérieurs du Jurassique, qui eût sans doute été atteint ici entre 775 et 800^m^ de profondeur.

C'est la première fois que dans la région parisienne un sondage atteint des couches aussi profondes dans la série géologique. Il montre la possibilité de niveaux aquifères, inférieurs à ceux des sables verts, seuls exploités jusqu'ici et ouvre à cet égard des espoirs nouveaux.

Le fait que le Crétacé inférieur est à l'état de faciès wealdien (type occidental du Pays de Bray) et non de faciès marin comme dans l'Est, est un document nouveau, très important pour l'histoire géologique du Bassin de Paris.

GÉOLOGIE. — *Gisement fossilifère de Futa (Afrique Équatoriale française) et quaternaire de la zone littorale du Congo.* Note de MM. **Edmond Dartevelle** et **Daniel Schneegans**, présentée par M. L. Cayeux.

J. Lombard et D. Schneegans ont signalé [1] la présence à Futa (A. E. F.), dans des argiles sableuses micacées dissimulées sous les sables récents, d'une faunule dont la composition semblait indiquer la présence de l'Éocène marin dans cette région.

Au cours d'une mission géologique récente [2e mission du Fonds Jacques Cassel de l'Université libre de Bruxelles [2]] l'un de nous

---

(1) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 163.

(2) Les revenus du Fonds Jacques Cassel sont destinés à favoriser l'envoi dans les colonies, et spécialement au Congo belge, de missions scientifiques dirigées par les membres du personnel enseignant de l'Université libre de Bruxelles.

(E. Dartevelle) eut l'occasion de visiter le gisement de Futa et y recueillit un grand nombre de coquilles parmi lesquelles il reconnut : *Pachymelania byronensis* Wood, *Pachymelania aurita* Müller, *Pachymelania fusca* Gmelin, *Galateia congica* O. Boettger, *Iphigenia Congo* Pilsbry et Bequaert.

Toutes ces espèces existent encore actuellement, et, sauf *Pachymelania byronensis* relégué en Guinée et en Assinie, vivent dans l'Estuaire du Congo.

C'est donc au pleistocène qu'il convient d'attribuer le gisement de Futa; une des espèces signalées, *Pachymelania aurita*, caractérise d'ailleurs les dépôts quaternaires du Sénégal, de la Guinée et de la Côte d'Ivoire (1).

D'autre part le gisement de Futa est à rapprocher de ceux de Kinlao (2) et de Banane (3), dont la faune présente des caractères très analogues.

Dans ces régions eut lieu, probablement à la fin du Pliocène et durant le Pleistocène, la dernière transgression de l'Océan; ses dépôts forment les falaises de Moanda et en général les couches récentes ravinant le Miocène, l'Éocène et le Crétacé, tout le long de la côte du Congo, couches dont la partie supérieure au moins doit dater du Pleistocène (4).

Les gisements de Futa, de Kinlao et des environs de Banane, situés au sommet de ces dépôts, appartiennent sans doute à la fin de cette période.

GÉOLOGIE. — *L'Éocène dans l'Aurès oriental.* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Ch. Jacob.

L'Éocène, bien développé dans l'Aurès oriental, y couvre une surface plus grande que tous les autres terrains. Cependant seuls ses termes inférieurs ont été signalés autrefois par Coquand.

Aux environs de Djellal, j'ai pu relever la coupe suivante :

---

(1) C.-F. Dollfuss, *Mémoires de la Société géologique de France, Paléontologie*, Mémoire n° 44, 1911, p. 37.

(2) E. Dupont, E. Dautzenberg, *Bulletin de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, 3e série, 20, I, 1890, p. 559 et 577.

(3) Zboinski, *Bulletin de la Société belge de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie*, 1, *Mémoires*, 1887, p. 36; E. van den Broeck, 1, *Procès-verbaux*, 1887, p. 38; Dautzenberg, *Bulletin de l'Acad. R. des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique*, 3e série, 20, II, 1890, p. 5.

(4) Edmond Dartevelle, *Ibid.*, 20, 1934, p. 253.

1. Marnes blanches à rares silex, bancs de calcaires marneux et de calcaires coquillers, ces derniers devenant parfois de véritables lumachelles à Turritelles. Les fossiles sont quelquefois silicifiés et peuvent alors se dégager à l'acide; c'est ainsi qu'à Enze n' Slith, j'ai pu recueillir la faune suivante : *Turritella Forgemolli* H. Coq. (non auct.), *Pleurotoma ampla* Briart et Cornet, *Pseudoliva Michelini* H. Coq., *Buccinum* sp., *Melongena* sp., *Natica* sp., *Lacuna* sp., *Homalaxis* sp., *Cryptoconus* sp. (?), *Venus Grenieri* H. Coq., *Cardita Peyssonelli* H. Coq., *C. numida* H. Coq., *C. Sablieri* H. Coq., *Cardita* (plusieurs espèces), *Lucina* cf. *Mœvusi* H. Coq., *Lucina* cf. *Porchati* H. Coq., *Lucina* sp., *Corbula* sp., *Ostrea* sp. Épaisseur 60^{m}.

2. Alternances de marnes blanches et de calcaires marneux en petits bancs, surmontées par un banc de calcaire massif et, venant immédiatement au-dessus, un banc de phosphate, glauconieux, verdâtre, assez tendre, épais d'environ 50^{cm}; puis, après quelques mètres de marnes blanches, on trouve une nouvelle couche phosphatée brune, plus dure que la précédente et grâce à cela plus constamment visible. L'ensemble de ces couches ne contient pas de fossiles, si ce n'est des dents de squales dans les couches phosphatées. Épaisseur 30^{m}.

3. Marnes blanches, avec à la base quelques Mollusques : *Cardita*, *Venus*, *Cerithium*, malheureusement à l'état de moules internes, *Ostrea multicostata* Desh. et O. cf. *punica* Thomas. La partie supérieure de ces marnes contient une très grande abondance d'*Operculina ammonea* Leym.; certains bancs sont formés d'Operculines jointives. A la base de ce niveau à Operculines, il existe souvent d'innombrables petites *Sismondia* et des *Schisaster*, en mauvais état de conservation. Épaisseur 80^{m}.

4. Calcaires compacts très durs formant, au-dessus des pentes marneuses précédentes, de grands abrupts qui constituent toutes les crêtes au Nord de Djellal. Ces calcaires ne contiennent pas de fossiles, si ce n'est quelques Oursins (*Sismondia* ?) siliceux, difficiles à dégager. Épaisseur 60^{m}.

5. A Djellal et aux environs, on ne voit plus rien au-dessus de ces calcaires; mais, dans le centre du synclinal qui s'étend vers le Nord-Ouest, existent des couches plus récentes : entre Fridjou et Ounrhal, elles sont visibles sur les bords de l'Oued. A la base, sur les calcaires précédents et peut-être en légère discordance, sont de petits bancs de grès jaunâtres, parfois assez grossiers; au-dessus une importante masse de calcaires marneux et de marnes jaunes avec des lumachelles à grandes Huîtres du groupe d'*Ostrea crassissima* et surtout *Carolia placunoides* Cantraine et des moules internes de Thersitées. Ces couches contiennent encore des petits bancs phosphatés, mais qui ne dépassent pas quelques centimètres d'épaisseur. Épaisseur 60^{m}.

Les couches de base de cette coupe (1) surmontent en concordance le Danien [1], sans que l'on puisse voir de trace d'émersion. Elles contiennent une faune, dont une espèce se retrouve dans le calcaire de Mons : *Pleurotoma ampla*, une autre, *Pseudoliva Michelini*, est très voisine de *Pseudoliva robusta* de Mons ; *Turritella Forgemolli* et *Venus Grenieri* ont été retrouvées

(1) ROBERT LAFFITTE, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1321-1323.

dans le Sud-Tunisien par Thomas. Mais les autres espèces ne sont connues que dans l'Aurès. Il a noté aussi qu'il n'y a pas une seule espèce de la belle faune yprésienne décrite, non loin de là, au Djebel Bardou par M. Dareste. Donc la situation stratigraphique de ces couches, et leur faune, permet de les placer dans le Montien ([1]). L'ensemble des niveaux phosphatés (2), étant donné sa situation, peut être placé dans le Thanétien. Les marnes (3), à *Ostrea multicostata*, *Operculines* et *Nummulites globulus*, sont probablement londiniennes; *Nummulites globulus* que l'on trouve à la partie supérieure existe dans le Lutétien, mais paraît plus abondante à l'Éocène inférieur. Ces Nummulites sont beaucoup moins abondantes que dans le centre de l'Aurès, on est certainement ici, à la limite orientale de leur aire de répartition dans la région, car elles sont inconnues dans les parties de l'Atlas saharien situées plus à l'Est. Les calcaires massifs (4) sont peut-être encore londiniens, mais, leur situation et leur analogie de faciès avec le Lutétien inférieur des environs de Tebessa les ferait plutôt placer dans cet étage. Les marnes jaunes (5) sont certainement lutétiennes, à cause de leur faciès bien connu dans les régions voisines et de la présence de *Carolia placunoides* considérée par tous les auteurs comme caractéristique de l'Éocène moyen.

En résumé, on a là une série marine complète des termes de passage du Crétacé à l'Éocène, celui-ci présentant à la base une faune dont l'âge montien ne semble pas faire de doute et qui est la seule faune de cet âge jusqu'ici connue en Algérie.

Les grès par lesquels débute la série des marnes jaunes du Lutétien supérieur tirent leur importance du fait que dans cette région il n'existe pas, dans les 3000^{m} de couches placées entre l'Albien et celles-ci, la moindre trace de grès; la sédimentation pendant toute la période allant du Cénomanien au Londinien ayant été exclusivement marneuse et calcaire. De plus les couches du Lutétien supérieur ayant l'air d'être en légère discordance sur les couches antérieures, on peut sans doute voir là, la preuve de l'existence d'une première époque de plissement, annonçant la phase principale qui se produit avant le Miocène, celui-ci recouvrant en discordance très nette tous les terrains antérieurs.

([1]) Le synchronisme n'est peut-être pas absolu avec les couches types du bassin anglo-belge; mais en l'absence, à cette époque, de fossiles utilisables pour des parallélismes lointains, il m'a paru commode d'employer les termes classiques pour distinguer des faciès locaux, qui se sont succédés dans le même ordre que ceux des régions septentrionales et probablement *à peu près* synchroniquement.

GÉOLOGIE. — *Le problème du Flysch calcaire de la montagne d'Autapie près Colmars (Basses-Alpes).* Note de MM. **Léon Moret** et **Daniel Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le problème du Flysch calcaire d'Autapie a été posé par J. Boussac en 1912 (¹) et a été abordé ensuite par Mme Y. Gubler-Wahl (²). Les faits établis par cette dernière tendent à prouver que, contrairement à ce qu'admettait Boussac (existence d'une série compréhensive embrassant tous les niveaux depuis le Sénonien jusqu'au Lutétien inclusivement), une lacune de la sédimentation se place au-dessus du Sénonien et que le Flysch calcaire débute par des niveaux bréchiques, datés du Lutétien par la présence de *Nummulites perforatus*. Nous souscrivons entièrement ces conclusions. Le Flysch calcaire ne serait d'ailleurs pas lié à un niveau stratigraphique précis, mais il apparaîtrait plutôt comme un faciès latéral qui pourrait prendre localement la place du Flysch gréseux (³).

Du point de vue lithologique, le Flysch calcaire d'Autapie offre des caractères assez tranchés, déjà bien mis en évidence par nos prédécesseurs. Il est formé de sédiments de nature pélagique, renfermant çà et là des niveaux de brèches calcaires, à ciment également pélagique, avec fossiles crétacés remaniés. A la surface des sédiments fins, on voit parfois des traces mécaniques rappelant les Bilobites et les *Cancellophycus*. Les Globigérinidés y sont abondants, et les Nummulites ainsi que les Orthophragmines se rencontrent à tous les niveanx, mais surtout dans les brèches.

S'il nous paraît établi que les niveaux bréchiques de la base peuvent être considérés comme des équivalents des brèches lutétiennes de la base du Mont Pelat, il n'en est plus de même des intercalations bréchiques à petites Nummulites que l'on rencontre dans la partie moyenne et supérieure de ce complexe. Celles-ci sont sporadiques, discontinues, et ne signifient que des épisodes de courte durée dans l'ensemble de la sédimentation vaseuse calcaire qui caractérise ce Flysch.

Nos prédécesseurs avaient formulé l'idée que le Flysch à Helminthoïdes,

---

(¹) *Thèse*, Paris, 1912, p. 210.

(²) *Thèse*, Paris, 1928, p. 118.

(³) Cette notion de l'ubiquité du Flysch calcaire se justifie pleinement dans la région du Mont Pelat, ainsi que nous avons pu le constater avec M. Gignoux. En effet, ce faciès à lui seul y envahit tout le Nummulitique.

qui couronne la Montagne d'Autapie, était stratigraphiquement lié au Flysch calcaire sur lequel il repose. Mais nous avons pu nous convaincre que ce Flysch à Helmintoïdes et le Flysch noir, qui l'accompagne localement à la base, reposent sur le Flysch calcaire par l'intermédiaire de klippes de terrains mésozoïques, vestiges des noyaux anticlinaux très étirés de la nappe. Telle est, sur la rive droite du Verdon, la position du lambeau de calcaire jurassique encastré dans la paroi de Flysch à l'W du Pont Saint-Julien (Y. Gubler-Wahl, *loc. cit.*, p. 153), ou celle des lames de Sénonien pincées entre le Flysch noir et le Flysch calcaire à petites Nummulites sur le chemin forestier d'Autapie. Nous avons retrouvé la même discontinuité dans le vallon de la Chasse où elle est jalonnée par des blocs-klippes de Crétacé supérieur. Nous pouvons conclure de l'examen de ces faits que *le Flysch à Helminthoïdes et le Flysch noir sur lequel il repose, sont tectoniquement indépendants de leur substratum de Flysch calcaire.*

L'un de nous (D. S.) ([1]) a montré précédemment que le Flysch à Helminthoïdes caractérise l'unité la plus interne de la nappe de l'Ubaye. Le fait se constate dans la vallée de Barcelonnette, entre Orcières et Embrun, et nous avons acquis la certitude qu'il en est de même dans la région frontale de cette nappe dans la haute vallée du Verdon. Or le Flysch calcaire, là aussi, se trouve toujours tectoniquement inférieur au Flysch à Helminthoïdes. *Il est donc certain que ce Flysch calcaire doit appartenir à une unité plus externe du grand recouvrement de l'Ubaye.*

Mais, la place exacte qu'il occupe dans ce dernier reste encore à préciser. Au Nord de Barcelonnette et des Thuiles, il est recouvert par les différents terrains de la Cicatrice de Jausiers, parmi lesquels les noyaux mésozoïques des trois unités de la nappe de l'Ubaye sont représentés. A la base du Mont Pelat les conglomérats lutétiens, qui supportent normalement le Flysch calcaire, reposent localement sur des dolomies triasiques; mais rien ne permet d'affirmer que ce contact est stratigraphique ([2]). Enfin, dans la région d'Ancelle, le Flysch calcaire se montre dans la base des écailles les plus externes de la zone subbriançonnaise.

Nous pensons donc avoir montré ici qu'un des aspects nouveaux du pro-

---

([1]) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 262.

([2]) Peut-être s'agit-il plutôt d'un encapuchonnement du Flysch calcaire par les terrains d'une unité plus interne, car tout au voisinage, à Tête Ronde, les conglomérats lutétiens semblent appartenir à une série de terrains qui correspond aux écailles externes du Morgon, dans lesquelles le Trias n'est jamais développé sous la forme de calcaires massifs.

blème du Flysch calcaire est la place que ce faciès occupe parmi les unités de la grande nappe du Flysch. Tout ce que nous pouvons affirmer jusqu'à présent c'est que *nous avons affaire à un faciès relativement externe de cette nappe*. Quant à son âge, on peut dire que sa base appartient au Lutétien, mais, peut-être faut-il considérer la grande masse du Flysch calcaire comme un équivalent latéral du Bartonien calcaire de la zone ultradauphinoise.

GÉOLOGIE. — *Age des Calcaires à* Archæocyathus *de la Montagne Noire (Hérault, Tarn et Aveyron)*. Note de M. **Marcel Thoral**, présentée par M. Ch. Jacob.

Parmi les formations du Cambrien de la Montagne Noire, il est des masses calcaires d'une grande épaisseur, connues sous le nom de Calcaires à *Archoæcyathus*, toutes attribuées tantôt au Géorgien, tantôt à l'Acadien, faute de documents paléontologiques probants autres que les *Archæocyathidés*.

Voici de nouvelles observations et des découvertes paléontologiques qui permettent de ranger définitivement cette formation dans le Géorgien supérieur. Mais quelques mots d'historique sont d'abord indispensables.

Sur les deux versants de la Montagne Noire (Monts de Lacaune, Pardailhan, Saint-Pons, etc.), ces calcaires occupent, avec le complexe des grès de Marcory qui en est le substratum, la zone axiale d'anticlinaux et de synclinaux d'une tectonique compliquée d'étirements, de chevauchements, de renversements. Les grès de Marcory que seul Bergeron mettait dans le Potsdamien sont nettement géorgiens ainsi qu'il résulte des travaux de MM. Blayac, Michel-Lévy et Thoral. On sait qu'à leur partie supérieure ces grès sont caractérisés par le genre géorgien *Olenopsis*. Tous les géologues, jusqu'en 1905 (de Rouville, Delage, Miquel, Bergeron), étaient d'accord pour classer dans le Géorgien les calcaires à *Archæocyathus* qui se superposent à ces grès. Ils se basaient sur le fait que, sur les calcaires et en concordance, se disposent des schistes à *Paradoxides*, *Agnostus*, *Conocoryphe*, dont les nombreuses espèces indiquent un âge acadien inférieur.

Mais en 1905, J. Miquel découvrit dans la gorge de Coulouma, sous les calcaires, des schistes renfermant une faunule à *Paradoxides*, schistes qui, d'après ce savant, étaient là en situation tout à fait normale. A dater de ce jour, l'âge acadien de ces calcaires fut généralement admis. Un fait important nous avait néanmoins un peu surpris, M. Blayac et moi-même.

A Pardailhan et sur le pourtour de l'anticlinorium de Marcory, là où l'observation n'est pas gênée par la végétation et les éboulis, il n'y a pas la moindre trace de schistes à *Paradoxides* ou d'un dépôt équivalent, au contact des grès à *Olenopsis* et des calcaires à *Archæocyathus*, concordants entre eux.

J'ai alors exploré avec soin, sur les conseils de M. Blayac, le dôme de Coulouma et me suis rendu compte que, dans la gorge étudiée par M. Miquel, les calcaires reposent successivement sur les calcschistes de l'Acadien inférieur à *Paradoxides Rouvillei*, puis sur ceux à *P. mediterraneus*. J'y ai recueilli toutes les formes classiques de Trilobites et de Cystidés caractéristiques de ces deux subdivisions.

La série cambrienne est là indiscutablement renversée.

Je me suis ensuite efforcé de rechercher des fossiles dans les calcaires à *Archæocyathus*. J'ai été assez heureux pour y découvrir, en plusieurs points des deux versants de la Montagne Noire, quelques fossiles dont le savant spécialiste anglais M. E.-S. Cobbold, a bien voulu entreprendre l'étude et venir sur place visiter les gisements :

1° Dans la partie moyenne des calcaires qui affleurent près d'Albès (St-Geniès de Varensal), j'ai trouvé des restes d'un Trilobite nouveau, du genre *Micmacca* : *M. albesensis* Cobbold *in litt.* — Dans la même couche se voient des *Coscinocyathus*. Il est admis partout que *Micmacca* caractérise le Géorgien supérieur (S.-E. du Canada, Shropshire, Anti-Atlas, etc.).

2° A St-Geniès de Varensal, j'ai recueilli dans les derniers bancs de la formation à *Archæocyathus* de nombreux fossiles : *Branchiopodes*, tubes d'*Annélides*, qui sont à l'étude et que M. Cobbold estime semblables à ceux signalés dans le Géorgien de tout l'hémisphère Nord.

3° A Ferrals-les-Montagnes, dans ces mêmes calcaires à 15^{m} environ de leur contact avec les schistes à *Paradoxides* et les calcschistes de l'Acadien inférieur, j'ai trouvé de nombreux Trilobites d'un genre nouveau d'*Ellipsocephalidæ*.

Tous ces faits, stratigraphiques ou paléontologiques, sont nettement en faveur de l'âge géorgien supérieur des calcaires à *Archæocyathus*.

GÉOCHIMIE. — *Sur l'origine de l'hélium des gaz naturels. Localisation des gisements des gaz naturels les plus riches en hélium dans les dépôts lagunaires anciens.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. L. Cayeux.

1. On peut considérer les gaz naturels comme des mélanges constitués par de l'*azote brut* (azote + gaz rares) de composition voisine de celle de l'azote brut de l'air [1] (et d'origine atmosphérique), plus ou moins enrichi en hélium (d'origine radioactive), et dilué aux degrés les plus divers par les gaz (CO^2, H^2S, CH^4, H^2, N^2, etc.) issus des réactions géochimiques. Le titre (pour 100 en volumes) en hélium de l'azote brut d'un gaz naturel peut donc présenter plus d'intérêt que le titre en hélium du gaz brut.

2. Le tableau ci-après fait connaître les gaz naturels, à notre connaissance les plus riches en hélium, classés, pour chaque type, suivant le titre en hélium de l'azote brut (gaz naturel supposé privé d'air).

3. *a.* L'azote brut le plus riche en hélium provient des grisous [2], des gaz de pétrole de l'époque primaire [3] et des gaz spontanés des sources chlorurées sodiques du Trias. Non dilués par les produits gazeux de réactions géochimiques, ces derniers présentent les plus hautes concentrations en hélium jusqu'ici rencontrées dans les gaz naturels (Santenay, s. lithium : 10,16 pour 100 He dans le gaz brut).

b. Les sources minérales produisent des quantités d'hélium peu importantes (sources de Santenay, 23^{m^3} par an); les grisous en dégagent beaucoup plus (mines d'Anzin, 4380^{m^3} par an, Moureu et Lepape, *loc. cit.*). Mais ces débits restent insignifiants auprès de ceux des gaz de pétrole nord-américains [4]. Toutefois, il est probable que le sous-sol de l'étroit bassin

---

(1) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 839. Le titre en argon de l'azote brut de certains gaz volcaniques (activité chimique de l'azote) et des gaz de pétrole nord-américains est cependant très différent de celui de l'azote brut de l'air.

(2) D'après les données analytiques publiées par M. Coppens (*loc. cit.*), le titre maximum en hélium de l'azote brut du grisou croîtrait de l'Ouest (Marles : 1,7), vers l'Est (Liége : 22,2) du bassin franco-belge.

(3) Tous ces gaz de pétrole sont des gaz « émigrés », les gisements de gaz d'âge secondaire ne constituent donc que des exceptions apparentes. En Alberta, les terrains crétacés reposent directement sur les terrains dévoniens, riches en sel et en pétrole.

(4) M. Bottoms (*loc. cit.*) a évalué les ressources en hélium exploitable des États-Unis d'Amérique à 280000000^{m^3} dont 1/5e pour l'État du Kansas (213000^{km^2}).

Origine du gaz naturel.	Age géologique.	Gaz naturel brut N^2 brut %.	Gaz naturel brut He %.	Azote brut / Hélium %.
1. *Grisous.*				
Belgique : Liége, Bois d'Avroy...........	Carbonif. moyen	0,257	0,0572	22,2 (1)
Charleroi, Forte-Taille........	»	1,81	0,3302	18,2 (1)
Mons, Agrappe...............	»	0,37	0,050	13,5 (2)
France : Crespin (Nord)................	»	0,33	0,0546	16,5 (1)
Trélys (Gard)..................	Carbonif. supér.	0,716	0,086	12,1 (1)
Anzin (Nord), Hérin.............	Carbonif. moyen	1,70	0,119	7,0 (1)
Allemagne : Ascheberg (Westphalie).....	»	1,59	0,076	4,8 (3)
2. *Gaz de pétrole.*				
U. S. A. : Rush (Kansas)...............	Carbonif. supér.	11,21	1,78	13,7 (4)
Wilson (Kansas), Buffalo......	»	2,73	0,27	9,9 (5)
Las Animas (Colorado)........	Jurassique	83,25	8,0	9,6 (6)
Grand (Utah), Harley Dome...	?	77,12	7,07	9,2 (4)
Canada : Foremost Field (Alberta).......	Crétacé supér.	2,2	0,213	9,7 (7)
Turner Valley Field (Alberta)...	Crétacé	0,8	0,061	7,6 (7)
Peel County, Caledon (Ontario).	Silurien	12,0	0,79	6,6 (7)
3. *Gaz de sources hydrominérales.*				
Santenay (Côte d'Or), S. Lithium.........	Trias	96,70	10,16	10,5 (8)
Maijières (Côte d'Or), S. Romaine........	»	96,92	8,27	8,5 (9)
Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne) n° 13.	»	96,40	4,86	5,0 (9)
Saint-Gervais (Haute-Savoie), S. sulfureuse.	»	96,85	2,91	3,0 (10)
Air atmosphérique.....................	—	78,97	$5,4.10^{-4}$	$6,8.10^{-4}$

(1) L. Coppens, *Bull. Soc. Chim. Belgique*, 43, 1934, p. 335.

(2) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 847.

(3) F. Paneth, H. Gehlen et K. Peters, *Z. anorg. Chem.*, 175, 1928, p. 383.

(4) R. R. Bottoms, cité par P. V. Rosewarne et R. J. Offord, *Mines branch, Depart. of Mines, Canada*, n° 727, 1932, p. 42.

(5) H. P. Cady et D. F. Mc Farland, *J. Amer. Chem. Soc.*, 29, 1907, p. 1523.

(6) E. Rutherford, *Nature*, 128, 1931, p. 137.

(7) R. T. Elworthy, *Mines branch, Depart. of Mines, Canada*, n° 679, 1926, p. 1.

(8) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 197.

(9) Recherches inédites.

(10) Ch. Moureu, A. Lepape et M. Geslin, *Ann. Inst. Hydr. Clim.*, 7, 1930, p. 1.

houiller franco-belge est au moins aussi riche en hélium que celui d'une superficie égale des vastes champs pétrolifères du Kansas (U. S. A.).

c. La teneur en hélium de l'azote brut des gaz naturels plus récents est généralement très faible (gaz de pétrole tertiaire de toutes les régions du globe).

d. Les formations géologiques qui recèlent ces gaz exceptionnellement riches en hélium présentent un caractère commun : ce sont des *dépôts lagunaires*. Il s'y est donc effectué, par voies biochimique (houille) et physicochimique (roches-mères des pétroles, gîtes salins), une *concentration* de certains constituants chimiques des roches riveraines et des eaux marines. Et c'est parmi les substances minérales ainsi accumulées dans ces gisements *anciens* de houille, de pétrole et de sel qu'il convient de rechercher le ou les radioéléments générateurs de leurs réserves d'hélium.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la cause des variations de la conductibilité de l'air dans les grottes*. Note (1) de MM. **Camille Dauzère** et **Joseph Bouget**, présentée par M. Ch. Maurain.

Nous avons exposé (2) les variations considérables qu'éprouve avec le temps la conductibilité de l'air dans les grottes. Depuis cette publication, nous avons continué nos expériences et confirmé les prévisions formulées. En particulier, dans la Grotte des Fées, la conductibilité a retrouvé au printemps de 1934 les valeurs élevées de l'été 1933.

Il nous a été possible en même temps, de découvrir la cause des variations observées. Cette cause réside dans les courants d'air, qui soufflent dans les grottes avec des directions et des intensités variables. Lorsque, en un point d'une galerie souterraine, il existe un courant d'air qui vient des profondeurs de la grotte (le plus souvent inaccessibles), la forte ionisation de cet air augmente la conductibilité au point considéré. Au contraire, lorsque le courant vient du dehors, l'air extérieur faiblement ionisé chasse dans les profondeurs l'air fortement ionisé précédent, et la conductibilité diminue.

Ces courants d'air sont souvent extrêmement faibles, mais la fumée d'une cigarette permet de les déceler et de reconnaitre leur direction. Nous avons fait dans le courant de l'année 1934 une série d'expériences, qui nous ont

(1) Séance du 3 décembre 1934.

(2) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 490.

montré, sans aucune exception, une conductibilité élevée associée à un courant d'air allant des parties profondes de la grotte vers l'ouverture et, au contraire, une conductibilité faible associée à un courant d'air rentrant.

Tel est le cas de la Grotte des Fées, dont la température est, en été, plus basse, en hiver, plus élevée que la température extérieure. De ces différences de température, résulte un courant d'air allant de la partie froide à la partie chaude, c'est-à-dire sortant de la grotte en été, rentrant dans la grotte en hiver. Nous avons constaté l'existence de ce courant d'air; il est très faible, mais il suffit pour expliquer les variations de la conductibilité, forte en été, faible en hiver.

Des variations au moins aussi importantes ont été observées dans un trou naturel de 2^m de profondeur et de 1^m de diamètre environ, qui s'ouvre, prés de Bagnères, au pied du rocher du Tucou, à 800^m environ d'altitude, au-dessus du bois de Naouail. Le trou se prolonge vers l'intérieur de la montagne, formée de calcaire jurassique, par des galeries étroites dont l'ouverture n'atteint pas $0^m,20$ de diamètre. En tout temps, un courant d'air très fort passe par l'ouverture [1]. Mais, contrairement à ce qui se passe à la Grotte des Fées, ce courant entre dans le trou en été, et en sort en hiver. Nous avons constaté la permanence de la direction du courant, pendant l'hiver et l'été de 1934, et ses inversions au mois d'avril et au mois de novembre. La conductibilité se comporte comme le courant : elle est faible en été, au moment où le trou aspire ($\Lambda = 1,47$ le 31 mai à 15^h); elle est forte en hiver au moment où le trou refoule ($\Lambda = 30,6$ le 9 novembre à 15^h). Ce régime est inverse de celui de la Grotte des Fées, mais les changements se produisent aux mêmes saisons, dans l'un et l'autre cas.

Les résultats précédents doivent être rapprochés de ceux qui ont été obtenus récemment par Rössiger et Funder [2] qui ont mesuré l'ionisation de l'air dans la mine de fer abandonnée de Clausthal; un ventilateur produisait dans la mine un courant d'air artificiel, qui donnait lieu à des variations de l'ionisation, selon que le ventilateur était ou non arrêté.

---

(1) Le trou de Naouail présente quelque analogie avec les puits souflants du pays de Caux, étudiés par Idrac et Caulle (*La Nature*, n° 2919, 15 décembre 1933, p. 545-550).

(2) *Glückauf* (Essen), n° 37, 15 septembre 1934, p. 850-854.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Un nouveau procédé d'enregistrement des atmosphériques pour la prévision des orages.* Note de M. R. FAILLETTAZ, présentée par M. Ch. Maurain.

Au cours des travaux de la mission envoyée à Tamanrasset (Hoggar) à l'occasion de l'*Année polaire*, j'ai mis au point un nouveau procédé d'enregistrement des atmosphériques qui s'est révélé particulièrement adapté pour fonctionner en signalisateur d'approche des orages.

Le principe du procédé est le suivant :

Un récepteur radioélectrique du type courant est utilisé pour la détection et l'amplification des atmosphériques. On recueille le courant à la sortie des étages B. F., on le redresse et on l'utilise pour charger un condensateur. La charge de ce condensateur fixe le potentiel de la grille d'une lampe à trois électrodes dont le courant anodique sert à actionner l'appareil inscripteur.

L'inscripteur est un milliampèremètre à inscription par pointés successifs, permettant d'obtenir quatre courbes sur le même diagramme, et auquel j'ai adjoint un système synchronisé pour la décharge périodique du condensateur.

La sensibilité d'un tel dispositif peut être poussée très loin puisque l'enregistreur donne à chaque pointé une valeur de courant en rapport avec l'énergie accumulée par les atmosphériques, dans le condensateur, pendant un laps de temps dont on est le maître.

Dans la pratique, il suffit d'adapter les caractéristiques de l'appareil pour que la décharge du condensateur se fasse toutes les minutes.

L'appareil a fonctionné à Tamanrasset durant les mois d'août et septembre 1933. Il donnait 4 courbes représentant l'activité moyenne des atmosphériques sur l'onde de 1000 Kc/s dans la direction des 4 points cardinaux.

La forte sensibilité du dispositif rend possible l'enregistrement des atmosphériques sur ondes courtes, ce qui présente des avantages au point de vue météorologique.

Sur les ondes courtes, en effet, les phénomènes de propagation se font fortement sentir; et, de jour, si l'on descend suffisamment bas dans la gamme des longueurs d'onde, seules les perturbations orageuses *proches* engendrent des atmosphériques pratiquement décelables. Or ce sont

surtout les perturbations proches qui intéressent le météorologiste, entre autre pour la protection des déplacements aériens.

Mais d'une manière générale, les perturbations orageuses isolées ou peu nombreuses donnent naissance à un nombre de décharges relativement faible; ce principe d'enregistrement permet cependant de les déceler et d'en donner une traduction graphique dès l'éclatement de la première manifestation électrique.

Durant la période de fonctionnement de l'appareil, une quinzaine d'orages ont été enregistrés.

Par situation calme, de jour, il y a absence complète d'atmosphériques, mais si un orage éclate dans une région qui n'est pas trop éloignée de la Station, la courbe d'activité des atmosphériques passe brusquement de zéro vers les ordonnées maxima.

L'écart entre le moment où l'appareil signalait la perturbation et le moment où elle apparaissait sur la Station a varié de 1^h30^m à 3^h.

Pendant la nuit, la tendance orageuse étant déficiente, j'ai pu faire fonctionner l'enregistreur, en augmentant sa sensibilité, de manière à capter les atmosphériques lointains ou de propagation aussi bien que les locaux. L'étude de la variation diurne sur ondes courtes présente beaucoup d'intérêt, mais elle s'est heurtée jusqu'ici à de sérieuses difficultés, du fait du manque de sensibilité des différents types d'enregistreurs expérimentés.

J'ai obtenu à Tamanrasset un certain nombre de courbes sur les ondes de 5000 Kc/s et 1000 Kc/s, dont les allures, outre la particularité du régime de jour, diffèrent fortement de celles que l'on constate sur les ondes longues le plus généralement étudiées ($F < 30$ Kc/s).

Le récepteur radioélectrique de l'installation qui a fonctionné à Tamanrasset était alimenté par quatre antennes dirigées vers les quatre points cardinaux.

L'appareil vient d'être remis en fonctionnement à l'Observatoire de Trappes; mais les antennes dirigées s'étant révélées d'un effet directif trop peu marqué, elles ont été remplacées par des cadres goniométriques.

M. R. Bureau fait établir à l'Observatoire de Trappes un goniomètre d'atmosphériques à cadre tournant du type qui fonctionne déjà à Saint-Cyr et qui est adapté pour les ondes longues.

Grâce à cette double installation, on aura donc une goniométrie permanente très complète des sources d'atmosphériques proches et des sources lointaines.

1. Marnes blanches à rares silex, bancs de calcaires marneux et de calcaires coquillers, ces derniers devenant parfois de véritables lumachelles à Turritelles. Les fossiles sont quelquefois silicifiés et peuvent alors se dégager à l'acide; c'est ainsi qu'à Enze n' Slith, j'ai pu recueillir la faune suivante : *Turritella Forgemolli* H. Coq. (non auct.), *Pleurotoma ampla* Briart et Cornet, *Pseudoliva Michelini* H. Coq., *Buccinum* sp., *Melongena* sp., *Natica* sp., *Lacuna* sp., *Homalaxis* sp., *Cryptoconus* sp. (?), *Venus Grenieri* H. Coq., *Cardita Peyssonelli* H. Coq., *C. numida* H. Coq., *C. Sablieri* H. Coq., *Cardita* (plusieurs espèces), *Lucina* cf. *Mœvusi* H. Coq., *Lucina* cf. *Porchati* H. Coq., *Lucina* sp., *Corbula* sp., *Ostrea* sp. Épaisseur 60m.

2. Alternances de marnes blanches et de calcaires marneux en petits bancs, surmontées par un banc de calcaire massif et, venant immédiatement au-dessus, un banc de phosphate, glauconieux, verdâtre, assez tendre, épais d'environ 50cm; puis, après quelques mètres de marnes blanches, on trouve une nouvelle couche phosphatée brune, plus dure que la précédente et grâce à cela plus constamment visible. L'ensemble de ces couches ne contient pas de fossiles, si ce n'est des dents de squales dans les couches phosphatées. Épaisseur 30m.

3. Marnes blanches, avec à la base quelques Mollusques : *Cardita*, *Venus*, *Cerithium*, malheureusement à l'état de moules internes, *Ostrea multicostata* Desh. et O. cf. *punica* Thomas. La partie supérieure de ces marnes contient une très grande abondance d'*Operculina ammonea* Leym.; certains bancs sont formés d'Operculines jointives. A la base de ce niveau à Operculines, il existe souvent d'innombrables petites *Sismondia* et des *Schisaster*, en mauvais état de conservation. Épaisseur 80m.

4. Calcaires compacts très durs formant, au-dessus des pentes marneuses précédentes, de grands abrupts qui constituent toutes les crêtes au Nord de Djellal. Ces calcaires ne contiennent pas de fossiles, si ce n'est quelques Oursins (*Sismondia* ?) siliceux, difficiles à dégager. Épaisseur 60m.

5. A Djellal et aux environs, on ne voit plus rien au-dessus de ces calcaires; mais, dans le centre du synclinal qui s'étend vers le Nord-Ouest, existent des couches plus récentes : entre Fridjou et Ounrhal, elles sont visibles sur les bords de l'Oued. A la base, sur les calcaires précédents et peut être en légère discordance, sont de petits bancs de grès jaunâtres, parfois assez grossiers; au-dessus une importante masse de calcaires marneux et de marnes jaunes avec des lumachelles à grandes Huîtres du groupe d'*Ostrea crassissima* et surtout *Carolia placunoides* Cantraine et des moules internes de Thersitées. Ces couches contiennent encore des petits bancs phosphatés, mais qui ne dépassent pas quelques centimètres d'épaisseur. Épaisseur 60m.

Les couches de base de cette coupe (1) surmontent en concordance le Danien [1], sans que l'on puisse voir de trace d'émersion. Elles contiennent une faune, dont une espèce se retrouve dans le calcaire de Mons : *Pleurotoma ampla*, une autre, *Pseudoliva Michelini*, est très voisine de *Pseudoliva robusta* de Mons ; *Turritella Forgemolli* et *Venus Grenieri* ont été retrouvées

[1] Robert Laffitte, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 1321-1323.

dans le Sud-Tunisien par Thomas. Mais les autres espèces ne sont connues que dans l'Aurès. Il a noté aussi qu'il n'y a pas une seule espèce de la belle faune yprésienne décrite, non loin de là, au Djebel Bardou par M. Dareste. Donc la situation stratigraphique de ces couches, et leur faune, permet de les placer dans le Montien ([1]). L'ensemble des niveaux phosphatés (2), étant donné sa situation, peut être placé dans le Thanétien. Les marnes (3), à *Ostrea multicostata*, *Operculines* et *Nummulites globulus*, sont probablement londiniennes; *Nummulites globulus* que l'on trouve à la partie supérieure existe dans le Lutétien, mais paraît plus abondante à l'Éocène inférieur. Ces Nummulites sont beaucoup moins abondantes que dans le centre de l'Aurès, on est certainement ici, à la limite orientale de leur aire de répartition dans la région, car elles sont inconnues dans les parties de l'Atlas saharien situées plus à l'Est. Les calcaires massifs (4) sont peut-être encore londiniens, mais, leur situation et leur analogie de faciès avec le Lutétien inférieur des environs de Tebessa les ferait plutôt placer dans cet étage. Les marnes jaunes (5) sont certainement lutétiennes, à cause de leur faciès bien connu dans les régions voisines et de la présence de *Carolia placunoides* considérée par tous les auteurs comme caractéristique de l'Éocène moyen.

En résumé, on a là une série marine complète des termes de passage du Crétacé à l'Éocène, celui-ci présentant à la base une faune dont l'âge montien ne semble pas faire de doute et qui est la seule faune de cet âge jusqu'ici connue en Algérie.

Les grès par lesquels débute la série des marnes jaunes du Lutétien supérieur tirent leur importance du fait que dans cette région il n'existe pas, dans les 3000^{m} de couches placées entre l'Albien et celles-ci, la moindre trace de grès; la sédimentation pendant toute la période allant du Cénomanien au Londinien ayant été exclusivement marneuse et calcaire. De plus les couches du Lutétien supérieur ayant l'air d'être en légère discordance sur les couches antérieures, on peut sans doute voir là, la preuve de l'existence d'une première époque de plissement, annonçant la phase principale qui se produit avant le Miocène, celui-ci recouvrant en discordance très nette tous les terrains antérieurs.

([1]) Le synchronisme n'est peut-être pas absolu avec les couches types du bassin anglo-belge; mais en l'absence, à cette époque, de fossiles utilisables pour des parallélismes lointains, il m'a paru commode d'employer les termes classiques pour distinguer des faciès locaux, qui se sont succédés dans le même ordre que ceux des régions septentrionales et probablement *à peu près* synchroniquement.

GÉOLOGIE. — *Le problème du Flysch calcaire de la montagne d'Autapie près Colmars* (*Basses-Alpes*). Note de MM. **Léon Moret** et **Daniel Schneegans**, présentée par M. Ch. Jacob.

Le problème du Flysch calcaire d'Autapie a été posé par J. Boussac en 1912 (¹) et a été abordé ensuite par Mme Y. Gubler-Wahl (²). Les faits établis par cette dernière tendent à prouver que, contrairement à ce qu'admettait Boussac (existence d'une série compréhensive embrassant tous les niveaux depuis le Sénonien jusqu'au Lutétien inclusivement), une lacune de la sédimentation se place au-dessus du Sénonien et que le Flysch calcaire débute par des niveaux bréchiques, datés du Lutétien par la présence de *Nummulites perforatus*. Nous souscrivons entièrement ces conclusions. Le Flysch calcaire ne serait d'ailleurs pas lié à un niveau stratigraphique précis, mais il apparaîtrait plutôt comme un faciès latéral qui pourrait prendre localement la place du Flysch gréseux (³).

Du point de vue lithologique, le Flysch calcaire d'Autapie offre des caractères assez tranchés, déjà bien mis en évidence par nos prédécesseurs. Il est formé de sédiments de nature pélagique, renfermant çà et là des niveaux de brèches calcaires, à ciment également pélagique, avec fossiles crétacés remaniés. A la surface des sédiments fins, on voit parfois des traces mécaniques rappelant les Bilobites et les *Cancellophycus*. Les Globigérinidés y sont abondants, et les Nummulites ainsi que les Orthophragmines se rencontrent à tous les niveanx, mais surtout dans les brèches.

S'il nous paraît établi que les niveaux bréchiques de la base peuvent être considérés comme des équivalents des brèches lutétiennes de la base du Mont Pelat, il n'en est plus de même des intercalations bréchiques à petites Nummulites que l'on rencontre dans la partie moyenne et supérieure de ce complexe. Celles-ci sont sporadiques, discontinues, et ne signifient que des épisodes de courte durée dans l'ensemble de la sédimentation vaseuse calcaire qui caractérise ce Flysch.

Nos prédécesseurs avaient formulé l'idée que le Flysch à Helminthoïdes,

---

(¹) *Thèse*, Paris, 1912, p. 210.

(²) *Thèse*, Paris, 1928, p. 118.

(³) Cette notion de l'ubiquité du Flysch calcaire se justifie pleinement dans la région du Mont Pelat, ainsi que nous avons pu le constater avec M. Gignoux. En effet, ce faciès à lui seul y envahit tout le Nummulitique.

qui couronne la Montagne d'Autapie, était stratigraphiquement lié au Flysch calcaire sur lequel il repose. Mais nous avons pu nous convaincre que ce Flysch à Helmintoïdes et le Flysch noir, qui l'accompagne localement à la base, reposent sur le Flysch calcaire par l'intermédiaire de klippes de terrains mésozoïques, vestiges des noyaux anticlinaux très étirés de la nappe. Telle est, sur la rive droite du Verdon, la position du lambeau de calcaire jurassique encastré dans la paroi de Flysch à l'W du Pont Saint-Julien (Y. Gubler-Wahl, *loc. cit.*, p. 153), ou celle des lames de Sénonien pincées entre le Flysch noir et le Flysch calcaire à petites Nummulites sur le chemin forestier d'Autapie. Nous avons retrouvé la même discontinuité dans le vallon de la Chasse où elle est jalonnée par des blocs-klippes de Crétacé supérieur. Nous pouvons conclure de l'examen de ces faits que *le Flysch à Helminthoïdes et le Flysch noir sur lequel il repose, sont tectoniquement indépendants de leur substratum de Flysch calcaire.*

L'un de nous (D. S.) [1] a montré précédemment que le Flysch à Helminthoïdes caractérise l'unité la plus interne de la nappe de l'Ubaye. Le fait se constate dans la vallée de Barcelonnette, entre Orcières et Embrun, et nous avons acquis la certitude qu'il en est de même dans la région frontale de cette nappe dans la haute vallée du Verdon. Or le Flysch calcaire, là aussi, se trouve toujours tectoniquement inférieur au Flysch à Helminthoïdes. *Il est donc certain que ce Flysch calcaire doit appartenir à une unité plus externe du grand recouvrement de l'Ubaye.*

Mais, la place exacte qu'il occupe dans ce dernier reste encore à préciser. Au Nord de Barcelonnette et des Thuiles, il est recouvert par les différents terrains de la Cicatrice de Jausiers, parmi lesquels les noyaux mésozoïques des trois unités de la nappe de l'Ubaye sont représentés. A la base du Mont Pelat les conglomérats lutétiens, qui supportent normalement le Flysch calcaire, reposent localement sur des dolomies triasiques; mais rien ne permet d'affirmer que ce contact est stratigraphique [2]. Enfin, dans la région d'Ancelle, le Flysch calcaire se montre dans la base des écailles les plus externes de la zone subbriançonnaise.

Nous pensons donc avoir montré ici qu'un des aspects nouveaux du pro-

---

(1) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 262.

(2) Peut-être s'agit-il plutôt d'un encapuchonnement du Flysch calcaire par les terrains d'une unité plus interne, car tout au voisinage, à Tête Ronde, les conglomérats lutétiens semblent appartenir à une série de terrains qui correspond aux écailles externes du Morgon, dans lesquelles le Trias n'est jamais développé sous la forme de calcaires massifs.

obtenue sans risque d'attaquer les matières argileuses. D'autre part, certains stabilisateurs sont plus efficaces que d'autres : c'est ainsi que les produits cités plus haut nous ont donné, en étudiant des échantillons de marnes et de calcaires, des suspensions contenant 5 à 7^g de matière argileuse par litre, alors que des essais avec l'empois d'amidon et l'albumine n'ont donné qu'un faible rendement. Enfin, certains produits, comme par exemple les oléates organiques, sont intéressants, mais leur prix élevé ne permet pratiquement de les employer que pour des essais peu importants.

Quel que soit le produit employé, il est nécessaire, pour obtenir un bon résultat, de procéder de la façon suivante :

1° la roche est finement broyée;

2° la poudre ainsi obtenue est intimement mélangée dans un mortier avec le poids de substance stabilisatrice nécessaire pour obtenir un litre de suspension;

3° l'eau est ajoutée progressivement, pendant que le mélange est continuellement brassé. Le contenu du mortier, d'abord visqueux, devient de plus en plus liquide;

4° on complète alors avec de l'eau pour obtenir un litre;

5° la suspension est laissée au repos pendant au moins 24 heures, puis décantée;

6° l'argile est récupérée sur la partie décantée de la suspension par la méthode appropriée au stabilisateur employé.

GÉOLOGIE. — *La découverte du Wealdien sous la région parisienne.* Note de MM. **Paul Lemoine**, **René Humery** et **Robert Soyer**.

Nous avons publié [1] les résultats des forages d'Orsay et de Poissy, qui ont pénétré dans les assises infra-crétacées. Un puits, foré de juin à septembre 1934 à la Brasserie Richard frères, 68, route stratégique, à Ivry-sur-Seine, a dépassé notablement les couches reconnues dans les précédents sondages et fourni des renseignements fort intéressants sur les couches éocrétacées de la région de Paris.

L'orifice du sondage est à la cote + 64,00. Dans le Nummulitique, le Crétacé supérieur et moyen, on a traversé d'abord :

3,50 m	Terre végétale, Remblais	3,50	+ 60,50
21,57	Lutétien	25,07	+ 38,93
24,73	Sparnacien	49,80	+ 14,20
306,80	Senonien	356,20	−292,60
109,32	Turonien	465,92	−401,92
70,65	Cénomanien-Vraconien	536,57	−472,57
34,66	Albien (Gault)	571,23	−507,23
72,87	Albien (Sables verts)	644,10	−580,10

[1] *Bull. Muséum hist. naturelle*, 2e série, 5, VI, 1933, p. 501-504.

A Pardailhan et sur le pourtour de l'anticlinorium de Marcory, là où l'observation n'est pas gênée par la végétation et les éboulis, il n'y a pas la moindre trace de schistes à *Paradoxides* ou d'un dépôt équivalent, au contact des grès à *Olenopsis* et des calcaires à *Archæocyathus*, concordants entre eux.

J'ai alors exploré avec soin, sur les conseils de M. Blayac, le dôme de Coulouma et me suis rendu compte que, dans la gorge étudiée par M. Miquel, les calcaires reposent successivement sur les calcschistes de l'Acadien inférieur à *Paradoxides Rouvillei*, puis sur ceux à *P. mediterraneus*. J'y ai recueilli toutes les formes classiques de Trilobites et de Cystidés caractéristiques de ces deux subdivisions.

La série cambrienne est là indiscutablement renversée.

Je me suis ensuite efforcé de rechercher des fossiles dans les calcaires à *Archæocyathus*. J'ai été assez heureux pour y découvrir, en plusieurs points des deux versants de la Montagne Noire, quelques fossiles dont le savant spécialiste anglais M. E.-S. Cobbold, a bien voulu entreprendre l'étude et venir sur place visiter les gisements :

1° Dans la partie moyenne des calcaires qui affleurent près d'Albès (St-Geniès de Varensal), j'ai trouvé des restes d'un Trilobite nouveau, du genre *Micmacca* : *M. albesensis* Cobbold *in litt.* — Dans la même couche se voient des *Coscinocyathus*. Il est admis partout que *Micmacca* caractérise le Géorgien supérieur (S.-E. du Canada, Shropshire, Anti-Atlas, etc.).

2° A St-Geniès de Varensal, j'ai recueilli dans les derniers bancs de la formation à *Archæocyathus* de nombreux fossiles : *Branchiopodes*, tubes d'*Annélides*, qui sont à l'étude et que M. Cobbold estime semblables à ceux signalés dans le Géorgien de tout l'hémisphère Nord.

3° A Ferrals-les-Montagnes, dans ces mêmes calcaires à 15^{m} environ de leur contact avec les schistes à *Paradoxides* et les calcschistes de l'Acadien inférieur, j'ai trouvé de nombreux Trilobites d'un genre nouveau d'*Ellipsocephalidæ*.

Tous ces faits, stratigraphiques ou paléontologiques, sont nettement en faveur de l'âge géorgien supérieur des calcaires à *Archæocyathus*.

GÉOCHIMIE. — *Sur l'origine de l'hélium des gaz naturels. Localisation des gisements des gaz naturels les plus riches en hélium dans les dépôts lagunaires anciens.* Note de M. **Adolphe Lepape**, présentée par M. L. Cayeux.

1. On peut considérer les gaz naturels comme des mélanges constitués par de l'*azote brut* (azote + gaz rares) de composition voisine de celle de l'azote brut de l'air [1] (et d'origine atmosphérique), plus ou moins enrichi en hélium (d'origine radioactive), et dilué aux degrés les plus divers par les gaz (CO^2, H^2S, CH^4, H^2, N^2, etc.) issus des réactions géochimiques. Le titre (pour 100 en volumes) en hélium de l'azote brut d'un gaz naturel peut donc présenter plus d'intérêt que le titre en hélium du gaz brut.

2. Le tableau ci-après fait connaître les gaz naturels, à notre connaissance les plus riches en hélium, classés, pour chaque type, suivant le titre en hélium de l'azote brut (gaz naturel supposé privé d'air).

3. *a.* L'azote brut le plus riche en hélium provient des grisous [2], des gaz de pétrole de l'époque primaire [3] et des gaz spontanés des sources chlorurées sodiques du Trias. Non dilués par les produits gazeux de réactions géochimiques, ces derniers présentent les plus hautes concentrations en hélium jusqu'ici rencontrées dans les gaz naturels (Santenay, s. lithium : 10,16 pour 100 He dans le gaz brut).

b. Les sources minérales produisent des quantités d'hélium peu importantes (sources de Santenay, 23^{m^3} par an); les grisous en dégagent beaucoup plus (mines d'Anzin, 4380^{m^3} par an, Moureu et Lepape, *loc. cit.*). Mais ces débits restent insignifiants auprès de ceux des gaz de pétrole nord-américains [4]. Toutefois, il est probable que le sous-sol de l'étroit bassin

---

(1) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 839. Le titre en argon de l'azote brut de certains gaz volcaniques (activité chimique de l'azote) et des gaz de pétrole nord-américains est cependant très différent de celui de l'azote brut de l'air.

(2) D'après les données analytiques publiées par M. Coppens (*loc. cit.*), le titre maximum en hélium de l'azote brut du grisou croîtrait de l'Ouest (Marles : 1,7), vers l'Est (Liége : 22,2) du bassin franco-belge.

(3) Tous ces gaz de pétrole sont des gaz « émigrés », les gisements de gaz d'âge secondaire ne constituent donc que des exceptions apparentes. En Alberta, les terrains crétacés reposent directement sur les terrains dévoniens, riches en sel et en pétrole.

(4) M. Bottoms (*loc. cit.*) a évalué les ressources en hélium exploitable des États-Unis d'Amérique à 280000000^{m^3} dont 1/5e pour l'État du Kansas (213000^{km^2}).

Origine du gaz naturel.	Age géologique.	Gaz naturel brut — N^2 brut °/₀.	Gaz naturel brut — He °/₀.	Azote brut / Hélium °/₀.
1. *Grisous.*				
Belgique : Liége, Bois d'Avroy...........	Carbonif. moyen	0,257	0,0572	22,2 (1)
Charleroi, Forte-Taille........	»	1,81	0,3302	18,2 (1)
Mons, Agrappe..............	»	0,37	0,050	13,5 (2)
France : Crespin (Nord)................	»	0,33	0,0546	16,5 (1)
Trélys (Gard)................	Carbonif. supér.	0,716	0,086	12,1 (1)
Anzin (Nord), Hérin...........	Carbonif. moyen	1,70	0,119	7,0 (1)
Allemagne : Ascheberg (Westphalie).....	»	1,59	0,076	4,8 (3)
2. *Gaz de pétrole.*				
U. S. A. : Rush (Kansas)...............	Carbonif. supér.	11,21	1,78	13,7 (4)
Wilson (Kansas), Buffalo......	»	2,73	0,27	9,9 (5)
Las Animas (Colorado)........	Jurassique	83,25	8,0	9,6 (6)
Grand (Utah), Harley Dome...	?	77,12	7,07	9,2 (4)
Canada : Foremost Field (Alberta).......	Crétacé supér.	2,2	0,213	9,7 (7)
Turner Valley Field (Alberta)...	Crétacé	0,8	0,061	7,6 (7)
Peel County, Caledon (Ontario).	Silurien	12,0	0,79	6,6 (7)
3. *Gaz de sources hydrominérales.*				
Santenay (Côte d'Or), S. Lithium........	Trias	96,70	10,16	10,5 (8)
Maijières (Côte d'Or), S. Romaine.......	»	96,92	8,27	8,5 (9)
Bourbonne-les-Bains (Haute-Marne) n° 13.	»	96,40	4,86	5,0 (9)
Saint-Gervais (Haute-Savoie), S. sulfureuse.	»	96,85	2,91	3,0 (10)
Air atmosphérique.....................	—	78,97	$5,4.10^{-4}$	$6,8.10^{-4}$

(1) L. Coppens, *Bull. Soc. Chim. Belgique*, 43, 1934, p. 335.

(2) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 847.

(3) F. Paneth, H. Gehlen et K. Peters, *Z. anorg. Chem.*, 175, 1928, p. 383.

(4) R. R. Bottoms, cité par P. V. Rosewarne et R. J. Offord, *Mines branch, Depart. of Mines, Canada*, n° 727, 1932, p. 42.

(5) H. P. Cady et D. F. Mc Farland, *J. Amer. Chem. Soc.*, 29, 1907, p. 1523.

(6) E. Rutherford, *Nature*, 128, 1931, p. 137.

(7) R. T. Elworthy, *Mines branch, Depart. of Mines, Canada*, n° 679, 1926, p. 1.

(8) Ch. Moureu et A. Lepape, *Comptes rendus*, 155, 1912, p. 197.

(9) Recherches inédites.

(10) Ch. Moureu, A. Lepape et M. Geslin, *Ann. Inst. Hydr. Clim.*, 7, 1930, p. 1.

tence d'un appareil comparable au parabasal dans certains éléments flagellés de *Mustelus canis*, pour le premier de ces auteurs, et d'*Ascidia mentula* pour le second.

Enfin Volkonsky a décrit, en 1930, chez les Sipunculides, un parabasal d'un type un peu différent, annexé à chacun des cils de l'urne, tandis que A. et M. Lwoff, en 1931, interprétaient comme parabasal un organite en massue issu du centrosome au cours de la spermiogenèse de divers Vertébrés : ainsi se terminait la liste des appareils parabasaux connus chez les Métazoaires.

Une heureuse préparation, effectuée cet été à la Station biologique de Roscoff, me permet de signaler un nouveau matériel d'étude pour l'appareil parabasal : il s'agit tout simplement de l'Oursin.

Les figures de J. Müller (1846-1854), de Selenka (1876), de Théel (1895), tirées d'études du développement de divers Échinodermes, montrent que les cellules externes des larves nageantes sont au moins partiellement flagellées.

Chez l'Oursin, ces cellules traitées par le liquide de Flemming peu acétifié, ou bien par des fixateurs mitochondriaux (liquides de Champy, Hirschler, Benoît, Mann), ou imprégnées à l'osmium, montrent dans l'intercinèse, l'existence d'un appareil parabasal, relié au centrosome qui donne insertion au flagelle.

Il y a donc là, du point de vue strictement morphologique, un ensemble tel que celui désigné par E. Chatton comme cinétide typique (1924), ou protocinétide (1931).

Je me borne à décrire cet appareil, laissant de côté aujourd'hui l'examen des questions générales auxquelles son étude permet de répondre.

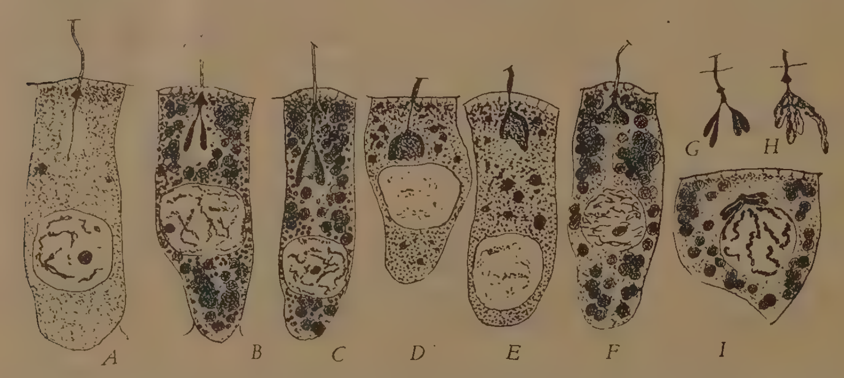
La fixation au liquide de Bouin (*fig.* A) conserve le flagelle, sa racine, qui traverse un cône creux membraneux, en forme d'entonnoir, et aboutit à un fort centrosome situé exactement en dessous. Plus près du noyau, une aire claire indique la place qu'occupait le parabasal, ici détruit. Du centrosome part une fibre desmotique qui se dirige vers le noyau, mais disparaît avant de l'atteindre.

Après fixation au liquide de Champy et coloration par la méthode de Volkonsky, le flagelle, violacé, aboutit, après un court trajet intracellulaire, à l'entonnoir bleu vif, qui masque ici généralement le centrosome. Il part de celui-ci un cordon rouge plus ou moins long, simple ou double, aboutissant au corps parabasal.

La forme de celui-ci est assez constante (*fig.* B à F) : presque partout

l'organite est au moins double, comprenant deux ou plusieurs masses ovoïdes, effilées vers le centrosome. Tantôt elles se teintent uniformément en bleu noir; tantôt leur face interne, moins nettement délimitée, est moins colorable, gris bleu ou rose.

Après coloration au fer, les parabasaux sont, soit homogènes, soit constitués par deux substances, l'une chromophile externe, l'autre chromophobe interne. Cette dernière est souvent continue entre les parabasaux. Il y a de grandes variations de taille entre ceux-ci, mais avec une certaine indépendance entre eux. Séparément ou simultanément, ils peuvent présenter ces



Paracentrotus lividus. Cellules ou portions de cellules flagellées de blastulas nageantes. Fixations A, Bouin; B, C, Champy; D, E, Champy postosmifié; F, G, H, I, Flemming; B, C, F, I, mégasomes, associés aux mitochondries en B et C. Toutes cellules aux repos, sauf I, prophase × 1500.

aspects que Volkonsky a interprétés, chez les Spongiaires, comme dégénérescences de l'organite. Mais ici, même dégénérescent, le parabasal paraît relié au centrosome (*fig.* H).

L'état double de l'appareil semble l'état le plus simple; les formes plus compliquées, triples ou quadruples (*fig.* G, H) peuvent parfois s'interpréter comme dérivées de la forme double; chaque masse se scindant longitudinalement à partir de son extrémité libre.

Quant à la desmose, démontrée par la fixation au Bouin, elle est mieux conservée par les autres fixateurs qui la montrent comme faisant partie d'un cône achromatique plus ou moins allongé (exceptionnellement long dans la figure F), et qui, partant du centrosome, fixe sa base sur une calotte nucléaire. Il s'agit là d'un reste fusorial typique et constant.

Les imprégnations osmiques (Kopsch, Kolatcheff) ou argentiques, dans certaines conditions, donnent des résultats analogues aux précédents, sans

toutefois mettre en évidence le centrosome ou le cône qui le recouvre (*fig.* D, E).

Forme, structure, connexions, réactions de coloration, identifient cet organite d'Échinoderme au parabasal des choanocytes d'Éponges, aussi bien qu'à celui de maint Flagellé.

CYTOLOGIE. — *Existence de relations entre la mitosine gamétotrope, les modifications du vacuome radié et le déclenchement de la mitose réductionnelle précessive de l'ovulation et de la formation du corps jaune chez le lapin.* Note (¹) de M. **R. Moricard**, présentée par M. A. Gosset.

Chez la lapine adulte, quand il existe une congestion moyenne du tractus génital, on peut noter dans chaque ovaire la présence de cinq à six follicules transparents très légèrement saillants. On prélève un des ovaires : une partie est fixée au liquide de Bataillon, l'autre par la méthode de Da Fano. Dans les follicules mûrs, il n'existe pas de phénomènes dégénératifs importants, la zone de Golgi des cellules périovocytaires est étroite et possède une orientation irrégulière par rapport à l'ovocyte, les images de vacuome radié manquent ou sont rares et, si elles existent, elles ne sont nettes que pour quelques cellules périovocytaires faisant généralement partie de la deuxième assise de cellules périovocytaires.

L'ovocyte a un noyau excentrique, les éléments de Golgi sont répartis à la face profonde du chorion et quelques éléments constituent un amas central situé en dedans du noyau.

Immédiatement après prélèvement d'un ovaire, on injecte par voie intraveineuse vingt unités souris (effet de lutéinisation de l'ovaire de souris impubère) d'extrait d'urine de femme enceinte. Sept heures après l'injection, l'ovaire restant est macroscopiquement peu modifié, les follicules sont un peu saillants, surtout le tractus génital est très nettement plus congestif et prend une teinte rouge violacée.

L'ovaire restant est divisé en deux parties et fixé dans des conditions identiques à celles de l'ovaire témoin.

Dans les follicules mûrs, les cellules périovocytaires présentent des modifications importantes; la zone de Golgi est plus large, son diamètre atteint ou dépasse celui du noyau de la cellule granuleuse. On constate l'existence

(¹) Séance du 10 décembre 1934.

de nombreuses images de vacuome radié avec possibilité d'images de pénétration du chorion. L'orientation de la zone de Golgi des cellules périovocytaires est moins régulière que pour les images obtenues après coït.

Les éléments de Golgi sont dispersés dans tout le protoplasme qui, d'une façon générale, apparaît en brun sombre piqueté par les éléments de Golgi en noir. La tache claire du noyau excentrique disparaît. Le noyau est en métaphase de première mitose de maturation.

Sur les follicules jeunes, le noyau de l'ovocyte est au repos.

Quatre ovaires ont été ainsi étudiés en séries complètes.

Quarante-huit heures après injection d'urine de femme enceinte, nous avons pu observer, sur un ovaire coupé en série partielle, un ovocyte en segmentation parthénogénitique avec des cellules granuleuses en voie de transformation lutéinique; la zone de Golgi de ces éléments est très élargie, il y a pénétration vasculaire de la granulosa.

Les modifications de la zone de Golgi des cellules périovocytaires accompagnée du déclenchement de la mitose réductionnelle n'a pu être reproduite après injection de 25000 unités souris de benzoate de folliculine (1 animal); de 30^{cm^3} d'urine de femme ménopausique provoquant à la dose de $2^{cm^3},5$ le développement folliculaire chez la souris impubère (1 animal).

Evans et Long [1] ont montré que certains extraits hypophysaires ont une action sur la croissance somatique. Putnam, Theel et Benedict [2], avec des extraits comparables, ont obtenu des phénomènes de splanchnomégalie. Ces auteurs n'ont pas étudié les phénomènes mitotiques liés à ces actions hormonales. Les extraits d'urine de femme enceinte ne provoquent pas le gigantisme, Aschheim [3], Zondek [4], Evans, Fiessinger, Moricard et Laur [5], après intoxication de souriceau impubère par le tétrachlorure de carbone, provoquent des dégénérescences hépatiques et déclenchent l'apparition de phénomènes kinétiques au niveau des cellules hépatiques par action d'hormone dite antéhypophysaire d'urine de femme enceinte. D'autre part, avec un extrait antéhypophysaire de croissance, nous avons pu

---

(1) *Anat. Rec.*, **21**, 1921, p. 62; *The Growth and Gonad stimulating hormones of the anterior hypophysis* (Berkeley, California, 1933).

(2) *Arch. Surg.*, **18**, 1929, p. 1708.

(3) *Die Schwangerschaftsdiagnose aus dem Harne* (Berlin, 1933).

(4) *Die Hormone des Ovariums und des Hypophysenborderlappens* (Berlin, 1931).

(5) *Essai d'Hépatopoïèse hormonale* (*Annales de Médecine*, sous presse).

observer une mitose par centimètre carré de tissu hépatique sur des coupes de 5μ d'épaisseur, 100 heures après l'injection et en l'absence de phénomène dégénératif important du tissu hépatique.

Smith et Léonard ([1]), chez le rat mâle hypophysectomisé, ont démontré que la spermatogenèse peut être provoquée par des extraits très purifiés d'urine de femme enceinte.

Nos observations, rapprochées de celles de Smith, nous amènent à mettre en évidence les relations existant entre certains extraits antéhypophysaires, certains extraits d'urine de femmes enceintes et l'apparition de phénomènes mitotiques au niveau du soma et des gamètes; ces faits apportent de nouveaux arguments à l'interprétation que nous avons donnée, en mars 1933 ([2]), de l'action de l'hormone antéhypophysaire sur l'ovaire de souris impubère. Nous proposons le terme de mitosine gamétotrope pour désigner certains complexes hormonaux déclenchant le développement folliculaire, la mitose de maturation, la formation du corps jaune chez la lapine adulte, sans présumer de l'origine de ce complexe hormonal.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur des expériences de croisement et de fécondation artificielle réalisées chez l'Harpacticoïde :* Bryocamptus pygmæus (*Sars*). Note de M. **Jean Roy**, présentée par M. M. Caullery.

Ces expériences furent poursuivies au cours des années 1933 et 1934 sur deux races de *Bryocamptus pygmæus* (Sars).

La première de ces races est absolument typique et son mode de vie est aquatique (*elle sera désignée par* A). Les exemplaires qui servirent de souches pour nos élevages proviennent tous des ruisselets et fossés voisins de l'étang de Trivaux (Bois de Meudon).

La seconde est, au contraire, adaptée au milieu muscicole (*elle sera désignée par* M). Les spécimens qui sont à l'origine de nos cultures furent recueillis dans des plaques de mousses sur lesquelles suinte, par intermittence, l'eau d'une source calcaire (Combe de la Citadelle, près de Dijon). Morphologiquement, cette forme diffère un peu du type. L'opacité du tégument et la rupture des soies sont liées aux conditions d'existence (vie semi-aérienne et reptation). Mais, outre ces caractères qui sont des consé-

---

([1]) *Proceedings of the Soc. for Exper. Biology and Med.*, **30**, 1933, p. 1246.
([2]) *Ann. d'Anat. path. et d'Anat. norm. Méd. chir.*, **10**, 1933, p. 325.

quences, on peut noter que les branches de la furca sont plus larges et plus courtes et que les pattes sont nettement plus étalées.

La race aquatique meurt très vite si l'on essaie de la transplanter en milieu muscicole. La race muscicole ne peut se reproduire en milieu aquatique et s'éteint en deux semaines.

Nous résumons comme il suit les expériences et observations réussies :

1° Si l'on place en présence soit ♂ *aquatique* et ♀ *muscicole*, soit ♂ *muscicole* et ♀ *aquatique*, tous à l'état de maturité sexuelle, aucun croisement spontané n'a lieu, ni même aucune attirance. Il y a une incontestable barrière physiologique entre ces deux races d'une même espèce. Ceci, d'ailleurs, découle de l'écologie de chaque race.

2° Nous avons essayé d'accrocher des spermatophores mûrs provenant d'une race aux orifices des *receptaculum seminis* ♀ de l'autre race. Pour cette opération délicate et tout à fait nouvelle chez les Entomostracés, l'instrument était un fil de platine, taillé en biseau, et frotté de paraffine à son extrémité. La fixation avait lieu, sous le binoculaire, dans de petites cellules paraffinées. Sur 300 tentatives, nous n'avons obtenu que 72 succès évidents (soit environ 24 pour 100).

3° C'est alors qu'il fut procédé à l'isolement de 15 ♀ A fécondées artificiellement par ♂ M et de 15 ♀ M fécondées par ♂ A. Une réserve était constituée d'autres ♀ des deux catégories, afin de compléter les croisements ultérieurs.

4° Les 15 ♀ du groupe I (= ♀ A × ♂ M) donnèrent 102 œufs, qui ne fournirent que 81 adultes en 12 à 26 jours. Biologiquement et morphologiquement ces adultes étaient *tous aquatiques*.

Les 15 ♀ du groupe II (= ♀ M × ♂ A) pondirent 75 œufs, d'où se développèrent 47 adultes. Et là encore *tous* furent *aquatiques*.

Aucun muscicole n'est visible à cette première génération. Cette fois, des croisements *naturels* seront possibles entre les deux groupes.

5° Étude de la seconde génération, dont les croisements sont spontanés selon les isolements réalisés : La signification de I et II est ci-dessus précisée.

A. ♂ I × ♀ I : 82 œufs, 26 metanauplii, 19 adultes : dont 4 *muscicoles*.
B. ♂ II × ♀ II : 50 œufs, 7 metanauplii, 5 adultes : *aucun muscicole*.
C. ♂ I × ♀ II : 90 œufs, 5 metanauplii, 4 adultes : *aucun muscicole*.
D. ♂ II × ♀ I : 74 œufs, 34 metanauplii, 22 adultes : dont 5 *muscicoles*.

Conclusion. — Tout se passe comme si la loi de Mendel s'appliquait au caractère *muscicole*, qui est *dominé* à la première génération. A la seconde génération, il ne réapparaît, dans la proportion d'environ un quart, que si la femelle appartient au groupe I (origine : ♀ A × ♂ M).

Si celle-ci relève du groupe II, la mortalité est énorme, il n'y a plus de muscicoles, au moins à l'état adulte.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Activation sexuelle obtenue chez le Canard par l'éclairement artificiel pendant la période de repos génital.* Note de M. **Jacques Benoit**, présentée par M. M. Caullery.

Les aviculteurs avisés savent depuis longtemps qu'on peut augmenter la fécondité de la volaille et la production des œufs pendant la saison automnale, pauvre en lumière naturelle, en éclairant artificiellement les poulaillers. Rowan (1927) émit l'opinion que, chez le mâle, un supplément de lumière prolongeait l'exercice musculaire, augmentait le métabolisme et déterminait ainsi indirectement l'accroissement de l'activité testiculaire. Mais Bissonnette (1930) montra que la lumière, à elle seule, pouvait entraîner chez l'Étourneau, au repos sexuel automnal, l'apparition d'une spermatogenèse intense.

J'ai repris l'étude de ce phénomène chez le Canard mâle, dans l'intention d'en approfondir le mécanisme intime. J'ai utilisé des Canards de Rouen impubères, de 5 à 7 mois, ainsi que quelques sujets âgés de plus d'un an, mais se trouvant dans la période de repos sexuel saisonnier. Chaque sujet fut laparotomisé lors de sa mise en expérience et son testicule gauche mesuré et dessiné aussi exactement que possible. Ainsi pouvait être appréciée plus sûrement, à l'autopsie, toute variation de volume testiculaire survenue au cours de l'expérience.

I. Trois lots de 5 sujets furent placés pendant 20 jours, en novembre, l'un à l'air libre ($t°$ de 0 à 13°), l'autre dans une pièce peu éclairée et chauffée ($t°$ de 17 à 22°), le dernier enfin dans une pièce non chauffée ($t°$ de 8 à 15°), mais éclairée, pendant 16 heures par jour, par trois lampes électriques débitant ensemble 200 watts. Les sujets, qui avaient été choisis de telle sorte que leurs testicules fussent comparables d'un lot à l'autre, présentèrent à l'autopsie, les poids testiculaires suivants : $0^g,4$; $0^g,3$; $0^g,85$; $0^g,42$; $1^g,45$; pour ceux du lot conservés dehors : $0^g,34$; $0^g,29$; $0^g,8$; $0^g,68$;

$1^g,45$ pour les sujets placés à la chaleur et $13^g,4$; $17^g,4$; $17^g,2$; $28^g,6$; $43^g,8$ pour ceux enfin qui furent éclairés artificiellement.

La *chaleur*, telle qu'elle put agir dans cette expérience, n'excita donc aucunement le développement testiculaire. La *lumière* artificielle, en revanche, exerça sur ce dernier une influence évidente. Je noterai, en passant, que les testicules, stimulés, *augmentés en volume de plus de* 30 *fois par rapport à ceux des témoins*, possédaient une activité spermatogenétique intense et des cellules interstitielles bien développées. Les canaux déférents contenaient du sperme et ils avaient subi, de même que les pénis, une croissance conditionnée appréciable.

II. Mais par quel mécanisme la lumière peut-elle agir sur les testicules? Et tout d'abord quelle voie d'accès emprunte-t-elle pour exercer son action? La voie cutanée et la voie oculaire paraissaient *a priori* devoir être discriminées. J'entrepris de les dissocier en illuminant artificiellement des sujets munis : soit de coiffes de drap noir obstruant hermétiquement les yeux, soit de manteaux noirs protégeant tout le corps et la tête et ne permettant à la lumière de n'affecter que les yeux, grâce à deux orifices découpés à leur niveaux. Pour compléter l'expérience, d'autres sujets furent vêtus d'un manteau complet, aveuglant aussi les yeux et ne laissant strictement à découvert que le bec. Ainsi traités 10 à 15 heures par jour, pendant les mois d'octobre et de novembre, ces sujets permirent d'enregistrer, au bout de 20 jours, des résultats absolument nets : la croissance testiculaire fut nulle chez les sujets à coiffe ou à manteau complet (exemple de poids de testicules : $0^g,85$, $0^g,61$, $0^g,68$, $0^g,99$), tandis qu'elle fut manifeste chez les sujets dont seuls les yeux avaient reçu de la lumière $14^g,7$, $29^g,3$, $21^g,8$).

Il semble donc bien que l'éclairement de la peau n'a joué aucun rôle, au cours de ces expériences, dans l'activation des testicules et que *c'est uniquement par les yeux que la lumière a affecté l'organisme* et déterminé la croissance de ces organes.

III. Quel peut être le processus selon lequel l'excitation lumineuse de l'œil entraîne ce développement des gonades? L'importance primordiale que de nombreuses expériences ont permis, au cours de ces années dernières, d'attribuer à l'hypophyse dans le contrôle de l'activité des gonades et notamment chez le Canard (Schockaert 1931, Benoît et Aron 1934) m'incita d'emblée à interroger cet organe. Et, parmi les expériences que j'ai mises en œuvre pour étudier son intervention possible, la suivante me permet déjà d'apporter ici des résultats suggestifs : des implantations, à des Souris femelles impubères, d'hypophyses de Canards au

repos sexuel (conservés à l'air libre en automne, ou exposés à la lumière artificielle pendant 20 jours mais pourvus d'une coiffe ou d'un manteau masquant les yeux), ou sexuellement activés par l'illumination artificielle, m'ont révélé que les hypothèses des premiers étaient fort peu ou pas actives sur le tractus génital de la Souris, alors que celles des seconds déterminaient une activation nette des ovaires, un développement très prononcé des cornes utérines et du vagin, et la kératinisation typique de l'épithélium de ce dernier.

Ces résultats suggèrent l'idée que l'excitation lumineuse, captée par l'œil, entraînerait une certaine stimulation de cette glande endocrine annexée au cerveau qu'est l'hypophyse, et que celle-ci exciterait ensuite, par la voie hormonique, le développement des gonades. Certaines expériences ont été instituées pour confirmer l'existence d'un tel mécanisme et en préciser le fonctionnement.

TÉRATOGENÈSE. — *Production expérimentale et déterminisme d'une monstruosité inconnue : la symélie antérieure.* Note de M. **Étienne Wolff**, présentée par M. M. Caullery.

J'ai montré récemment qu'on peut obtenir expérimentalement, chez le Poulet, la fusion des pattes ou symélie postérieure, en éliminant les territoires embryonnaires situés entre les ébauches des pattes, avant le moment où elles se différencient : cela revient à empêcher le développement des organes axiaux dans la région du futur sacrum (1).

Existe-t-il une malformation homologue des ailes et peut-on la produire expérimentalement? Alors que des syméliens postérieurs ont été plusieurs fois décrits, en particulier dans l'espèce humaine, la soudure des membres antérieurs n'a jamais été signalée dans le groupe des monstres simples. J'ai cherché à résoudre ce problème à l'aide de la méthode tératogène directe que j'utilise habituellement : le procédé des irradiations localisées, mis au point en collaboration avec mon maître, M. P. Ancel (2). J'ai tenté de réaliser, dans la région des ébauches des ailes, une intervention homologue de celle qui produit la symélie postérieure : empêcher les organes axiaux de se constituer entre les bourgeons des ailes, à un stade

(1) *C. R. Soc. de Biol.*, **116**, 1934, p. 780.
(2) *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 1071.

auquel leurs ébauches sont encore indifférenciées. Comme les organes axiaux de la région thoracique se constituent bien avant ceux de la région sacrée, il fallait opérer sur des stades plus jeunes que dans le cas des symé-liens postérieurs. L'intervention se heurtait à des difficultés bien plus grandes, à cause de l'absence de repères morphologiques sur des embryons de moins de 10 somites.

J'ai tiré parti des remarques suivantes, déduites d'expériences préalables; l'irradiation d'une étroite zone transversale contenant le nœud de Hensen détermine, entre autres conséquences :

1° la destruction de tout le segment distal encore indifférencié de la chorde dorsale;

2° l'atrophie ou la destruction d'un tronçon de moelle intermédiaire entre deux segments qui continuent leur évolution;

3° l'atrophie de quelques paires encore indifférenciées de somites.

Ce résultat tient à la concentration des ébauches des organes axiaux autour du nœud de Hensen. Comme les segments atrophiés des différents organes se correspondent en partie, il y a toujours un court tronçon d'embryon qui est complètement dépourvu d'organes axiaux. Si ce tronçon correspond aux vertèbres thoraciques, on peut espérer que les ébauches des ailes, que rien ne séparera plus, se réuniront sur la ligne médiane.

Le problème revenait donc à trouver le stade auquel l'irradiation de la région du nœud de Hensen aurait pour effet d'inhiber le segment thoracique des organes axiaux. L'expérience m'a montré que l'intervention est efficace entre le stade de début du prolongement céphalique et le stade où s'exquisse le pli limitant antérieur (17 à 20 heures d'incubation). Les embryons opérés dans ces conditions et qui ont évolué au delà du troisième jour ont pleinement confirmé mes prévisions : 5 sur 6 d'entre eux présentent, implantées au milieu du dos, deux ailes accolées ou soudées en une seule. Le début de la malformation est caractérisé par un volumineux épaississement des plaques latérales, fusionnées sur la ligne médiane à l'emplacement d'une discontinuité du tube nerveux. Puis les bourgeons se différencient, soit en deux ailes soudées par leur base et parallèles à l'axe du tronc, soit en une aile impaire en forme de massue, insérée sur la ligne médiane du dos, qui pointe vers l'arrière son extrémité renflée. Outre la malformation fondamentale, ces embryons présentent un certain nombre d'anomalies concomitantes, dues à la même cause, telle que l'absence d'innervation des ailes et la fusion partielle des corps de Wolff en un

organe impair, au niveau de la solution de continuité de la colonne vertébrale.

Ces résultats prouvent que la méthode expérimentale en tératologie permet de produire à volonté des combinaisons monstrueuses qui ne se sont jamais réalisées spontanément dans la nature et qui n'avaient été envisagées qu'à titre de possibilité théorique. Tels sont les syméliens antérieurs, homologues des syméliens postérieurs, aussi bien par leurs caractères généraux que par leur genèse. Les uns et les autres relèvent du même mécanisme de formation, qui trouve son expression dans la loi suivantes : *deux organes normalement pairs et symétriques concourent à donner un seul organe impair et médian si l'on élimine, avant le moment de leur différenciation, les ébauches embryonnaires qui viennent normalement se placer entre eux.* On retrouve ainsi, sous une forme nouvelle et conforme aux données de l'expérience, la grande loi tératologique de l'union des parties similaires, formulée pour la première fois par Étienne Geoffroy Saint-Hilaire. Mais, alors que le mécanisme de ce processus était resté obscur et incertain, nos résultats expérimentaux font passer cette loi du domaine de l'hypothèse dans celui des vérités contrôlées.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Essence et hétéroside de* Primula acaulis *Jacq.* Note [1] de MM. **Albert Goris** et **Henri Canal**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

L'un de nous [2] a pu extraire à l'état pur, des rhizomes de *Primula officinalis* L., un hétéroside nouveau, le *primevéroside*.

Le dédoublement diastasique ou l'hydrolyse acide démontrent nettement que ce primevéroside est constitué par une molécule d'ester méthylique de l'acide β-méthoxy-résorcylique $C^6H^3COOH(1)OH(2)OCH^3(4)$ liée par la fonction phénol à une molécule de *primevérose*, bioside jusqu'alors inconnu. L'hydrolyse acide dédouble en même temps la molécule de ce bioside en une molécule de glucose et une de xylose.

Dans ces rhizomes le primevéroside est accompagné d'un second hétéroside, le *primulavéroside*, isomère du précédent, qui se dédouble par action

(1) Séance du 10 décembre 1934.

(2) A. Goris, M. Mascre et Vischniac, *Bull. Sc. Pharm.*, **19**, 1912, p. 577, 598, 648 et 670.

diastasique ou acide en une molécule d'ester méthylique de l'acide hydroquinone-carbonique C^6H^3 COOH (1) OH (2) OCH^3 (5) et primevérose. Le primulavéroside n'avait jusqu'à présent jamais pu être obtenu à l'état de pureté et nous avions signalé alors que les caractères physiques indiqués correspondaient à un mélange vraisemblablement eutectique des deux hétérosides.

Le présent travail porte sur une Primulacée voisine, *Primula acaulis* Jacq. qui contient un seul hétéroside : le primulavéroside, que nous avons obtenu à l'état pur.

Primula acaulis, variété acaule de *Pr. grandiflora*, cultivé dans les jardins comme plante de bordure à fleurs de couleurs variées, végète au moyen d'un rhizome assez court pourvu de racines nombreuses.

Les parties souterraines, qui dégagent par broyage une odeur rappelant celle d'un mélange de salicylates de méthyle et d'amyle, sont débarrassées de la terre qui les souille par lavages à l'eau, suivis d'essuyage soigneux. On les stabilise ensuite par immersion dans l'alcool à 95° bouillant en présence de CO^3Ca suivant la technique de Bourquelot.

Le traitement par l'alcool est répété sur la plante stabilisée et broyée. Les solutions alcooliques réunies donnent après concentration à basse température sous pression réduite, un extrait mou, odorant, granuleux, correspondant à 4,5 pour 100 de la plante fraîche.

Par épuisement de cet extrait à l'éther, on retire une essence jaune pâle, neutre, fluide, incristallisable, soluble dans les solvants organiques. Elle est entraînable par la vapeur d'eau et se colore en bleu par Cl^6Fe^2 dilué. Elle provient d'un dédoublement partiel de l'hétéroside et est constituée par l'ester méthylique de l'acide méthoxyhydroquinone-carbonique $C^9H^{10}O^4$, acide fondant à 143°, que l'on obtient par saponification alcaline. Déméthylé par l'acide iodhydrique bouillant, il donne l'acide hydroquinone-carbonique (F = 200°).

Par synthèse, à partir de l'hydroquinone, nous avons vérifié l'identité des produits obtenus et reproduit un ester méthylique identique au produit du dédoublement de l'hétéroside.

L'essence de *Pr. acaulis* contient à côté de cet ester des traces d'un produit de nature cétonique que nous n'avons pu isoler [dinitro-2.4-phénylhydrazone (F = 230° avec décomposition)].

L'extraction directe par l'acétate d'éthyle anhydre ou aqueux de l'hétéroside contenu dans l'extrait épuisé à l'éther est difficile ; elle est gênée

par la présence d'une grande quantité de volémite, déjà signalée dans les Primulacées ([1]) et surtout par les saponosides.

Nous indiquons brièvement le mode d'extraction suivi :

On enlève la volémite contenue dans l'extrait par agitation mécanique avec de l'alcool absolu bouillant. Les solutions alcooliques séparées donnent par refroidissement des aiguilles de volémite qu'on isole par essorage et purifie par lavage à l'alcool absolu et à l'éther. F = 154-155°. Les saponosides sont précipités de l'extrait par agitation avec une bouillie d'hydrate de plomb. Leur combinaison plombique solide est séparée et lavée par centrifugation. Après élimination du plomb par SH^2 les solutions concentrées dans le vide à basse température sont réunies aux eaux-mères alcooliques de cristallisation de la volémite. Après départ de l'alcool, le résidu est épuisé par l'acétate d'éthyle bouillant. Par refroidissement on sépare un mélange d'hétéroside et de volémite. On obtient l'hétéroside pur après plusieurs recristallisations dans l'alcool méthylique dans lequel il est plus soluble que la volémite.

Recristallisé dans l'alcool méthylique il se sépare en tables rectangulaires; dans l'eau ou l'acétone il forme des cristaux aiguillés fondant à 179°,5-180° (corrigé). Il cristallise avec *une* molécule d'eau qu'il perd par chauffage à 105°. Le pouvoir rotatoire spécifique déterminé en solution aqueuse à 1 pour 100 est $[\alpha]_D = -54°,74$.

L'analyse et le dosage des groupements méthoxyle du produit anhydre conduisent à un corps $C^{20}H^{28}O^{13}$ renfermant deux groupements OCH^3.

Analyse. — C %, 49,89; H %, 6,26; calculé pour $C^{20}H^{28}O^{13}$: C %, 50,41; H %, 5,88.

Dosage des groupements méthoxyle. — OCH^3 % trouvé, 12,88; calculé pour $C^{20}H^{28}O^{13}$: OCH^3 %, 13,02.

L'hydrolyse par la poudre de sépales de *Pr. officinalis* le scinde en primevérose et ester méthylique de l'acide méthoxyhydroquinone-carbonique.

L'analyse et l'examen des produits du dédoublement démontrent que l'hétéroside isolé $C^{20}H^{28}O^{13}$, H^2O est le *primulavéroside*, enfin obtenu à l'état pur.

Ce travail sur *Primula acaulis*, donnant les caractéristiques du primulavéroside, termine en le confirmant le travail antérieur sur *Primula officinalis*.

([1]) Bougault et Allard, *Journ. Pharm. chim.*, 16, 1902, p. 528.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Pression osmotique et poids moléculaire de l'hémérythrine du Siponcle.* Note de Mme **André Roche** et M. **Jean Roche**, présentée par M. A. Desgrez.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de donnée sur le poids moléculaire de l'hémérythrine, chromoprotéide respiratoire ferrique du Siponcle. Ce pigment a une constitution analogue à celle des hémocyanines, mais, contrairement à celles-ci, il est contenu dans des hématies. Or les récents travaux de Svedberg (1) ont établi que le poids moléculaire des pigments respiratoires intraglobulaires (hémoglobines) ne dépasse pas 68000, alors que celui des chromoprotéides dissous dans un plasma, en particulier des hémocyanines, est beaucoup plus élevé (de 360000 à 5000000). Aussi, l'étude du poids moléculaire de l'hémérythrine du Siponcle présente-t-elle un intérêt particulier.

Les déterminations ont été faites à l'aide de la méthode d'Adair (2) basée sur le principe suivant : On mesure la pression osmotique p, à 0°, de la solution protéique de concentration C (grammes de protéine par 100^{cm^3}) en équilibre dans un osmomètre avec une solution saline tampon.

Dans une série de mesures faites à diverses concentrations, on calcule la valeur de $\pi = p/C$. Le point π_0, où la courbe de π en fonction de C coupe l'axe des ordonnées, correspond à la valeur de π pour des solutions infiniment diluées, auxquelles la loi de Van't Hoff s'applique. Le poids moléculaire M de la protéine est donné par la formule :

$$\text{(A)} \qquad M = \frac{10RT}{\pi_0},$$

où R est la constante des gaz et T la température absolue; à 0°, $10RT = 170330$.

Pour une concentration quelconque, la formule (A) devient

$$\text{(B)} \qquad \frac{M}{\Phi} = \frac{10RT}{\pi},$$

où Φ égal à π/π_0 tend vers 1 lorsque la dilution augmente (3). La formule (B) permet de calculer le poids moléculaire, au facteur Φ près, pour chaque expérience, tandis que la formule (A) exige, pour être appliquée, une série de mesures.

Nous avons étudié des préparations provenant de quatre lots de pigment.

---

(1) *Journ. of biol. Chem.*, **103**, 1933, p. 311-325.

(2) *Proc. Roy. Soc. London*, A, **108**, 1925, p. 627-637.

(3) Φ englobe à la fois les corrections dues à l'équilibre de Donnan, à l'attraction interionique et au volume occupé dans le solvant par l'hydrate de protéine.

Dans le tableau ci-dessous, celles désignées par I, II et III_1 sont des échantillons obtenus à partir d'hématies laqués et purifiés par une dialyse de quelques jours à 0°; III_2 est une préparation cristallisée du même lot d'hémérythrine que III_1, et IV une solution concentrée par ultrafiltration, ayant subi antérieurement une dialyse d'un mois à 0°. La solution tampon avec laquelle la protéine a été mise en équilibre dans les osmomètres est le mélange de phosphates $m/15$ à pH = 6,8 de Sörensen. Voici l'ensemble de nos résultats :

Préparation Nos.	C[1] (gr. p. 100cm³).	p (mm. Hg).	π (ou p/C).	$\frac{M}{\Phi}$
I	1,19	13,12	2,62	65000
I	1,12	2,83	2,52	67500
I	0,82	1,87	2,48	68000
II	4,98	12,27	2,64	69000
II	2,20	5,75	2,61	65500
II	2,05	5,05	2,46	69200
II	1,41	3,82	2,70	63000
II	1,38	3,71	2,54	67000
III_1	2,91	6,94	3,39	71000
III_1	0,95	2,85	2,99	57000
IV	4,71	10,39	2,26	77400
IV	1,88	4,31	2,29	74300
IV	0,95	1,84	1,94	87700
III_2	4,01	7,63	1,90	89600

Pour les préparations I, II et III_1, π varie peu en fonction de C. Φ est alors voisin de 1; de ce fait $M/\Phi \neq M$, et la valeur moyenne du poids moléculaire obtenue par la formule (B) est égale à 66 500. Celle de π_0, déterminée par la méthode graphique, est $\pi_0 = 2,60$, et M calculé par la formule (A) est égal à 65 700. Il y a donc lieu de considérer ce poids moléculaire comme celui de l'hémérythrine telle qu'elle existe dans l'hématie. La règle de Svedberg, rappelée au début de cette Note, s'applique donc au chromoprotéide étudié.

Le pigment cristallisé ou soumis à une dialyse d'un mois à 0° a un poids moléculaire sensiblement plus élevé, ce qui est sans doute dû en partie à des phénomèmes d'agrégation. Ce fait est analogue à ceux constatés antérieurement pour l'hémoglobine après cristallisation (Adair) et pour les globulines après vieillissement du sérum (A. Roche et J. Bracco).

Conclusion. — L'hémérythrine contenue dans les hématies du siponcle

(1) C est déterminé par microkjeldahl et par réfractométrie.

possède un poids moléculaire de 66 000, par conséquent très voisin de celui des hémoglobines intraglobulaires. La règle de Svedberg sur la grandeur du poids moléculaire des pigments respiratoires et leur localisation globulaire ou plasmatique s'applique à l'hémérythrine.

BACTÉRIOLOGIE. — *Observations sur la coloration de Gram.* Note [1] de MM. **Philippe Lasseur** et **Marc Benoit**, transmise par M. Hyacinthe Vincent.

Dans cette Note, nous envisageons l'influence de trois facteurs d'action dans la réaction de Gram; 1° la concentration en ions H_+; 2° l'âge des plastides; 3° le rôle de la membrane. Nos essais ont porté sur *B. mesentericus niger* (souche Courmont, Rochaix), sur *B. subtilis* (souche Michigan) et *B. subtilis* (souche Lasseur, Thiry).

I. Burke (1922), Kopeloff et Beerman (1922), A. E. Stearn et E. W. Stearn (1924) etc. s'efforcèrent de préciser l'influence du pH dans la réaction de Gram en faisant agir les solutions acides ou basiques sur les éléments bactériens et sur les colorants.

Désirant suivre la variation de la colorabilité des plastides au cours de leur développement, nous avons dû adapter la technique au but que nous poursuivions. A cet effet des corps microbiens provenant de jeunes cultures (40 heures) sur gélose sont lavés 3 fois à l'eau distillée. On obtient ainsi des suspensions que l'on amène à une concentration de 40 milliards de germes par centimètre cube. Une partie de suspension est additionnée d'une partie d'une solution acide ou d'une partie d'une solution alcaline.

Pour faire varier la concentration en ions H_+, nous avons utilisé successivement les solutions tampons de Mac Ilvaine, de Sörensen, de Ringer, de Davis (1931) (acide citrique + citrate alcalin) des solutions d'acide sulfurique, d'acide citrique et de soude. Le temps de contact entre les solutions acides ou alcalines et les corps microbiens est de 4 heures et demie. Après dessiccation et fixation à 112°C, les préparations sont lavées et colorées par la méthode de Gram, suivant la technique indiquée dans nos publications précédentes.

Nous insistons sur la nécessité d'utiliser des solutions de violet de gentiane stabilisées (Ph. Lasseur, A. Dupaix, C. Maguitot, 1931). L'intensité

(1) Séance du 2 juillet 1934.

colorante de ces solutions est telle qu'après 75 minutes d'action de l'alcool à 95°, 87 pour 100 de plastides *Staphylococcus aureus* restent colorées en violet noir.

Avec la solution tampon de Mac Ilvaine, la quantité de plastides colorées en violet noir décroît de pH = 2 à pH = 12. La courbe de décoloration présente un point singulier vers pH = 8. De même le nombre des plastides colorées en violet noir décroît de pH = 8 à pH = 12 lorsqu'on utilise des solutions de soude de concentration décroissante.

Par contre avec la solution tampon de Davis le nombre des plastides colorées en violet noir croît légèrement de pH = 2,2 à pH = 6,5. Cet accroissement du nombre des plastides colorées est infiniment plus accentué lorsqu'on a recours à l'acide sulfurique. Dans ce cas le nombre des plastides colorées passe de 12 pour 100 à 82 pour 100 lorsque le pH varie de 1,7 à 5,3.

Tels sont les faits observés avec *B. mesentericus niger* et avec *B. subtilis*.

II. Grimme (1902), Neide (1904), Burke et Barnes (1922), Zironi (1920), Solarino (1930), Castelli (1931), etc., ont étudié l'influence de l'âge des cultures sur la colorabilité des bactéries par la méthode de Gram.

Les faits que nous avons observés antérieurement [Lasseur et Schmitt (1927), Lasseur et Vernier (1933)] nous ont conduits à reprendre l'étude de la colorabilité des bâtonnets germinatifs par la méthode d'Alessandrini, d'une part, par la méthode de Gram, d'autre part. L'examen microscopique a été limité à des images de germination incontestable. Nous avons suivi l'évolution du bâtonnet germinatif depuis les stades précédant la rupture de membrane, jusqu'au stade des longs bâtonnets germinatifs se déplaçant dans le champ microscopique, mais restant encore accolés à la membrane de la spore germée.

Ces essais montrent que tous les bâtonnets, quelles que soient leur forme et leur dimension (de $0^{\mu},3$ à 2^{μ}), se colorent uniformément en violet noir par la méthode de Gram. Des plastides un peu plus âgées, mesurant $2^{\mu},5$ à 3^{μ} par exemple, peuvent offrir une plage subpolaire non colorée.

III. Nous retrouvons avec *B. mesentericus niger* et *B. subtilis* (Lasseur-Thiry) des images semblables à celles décrites par Ralph R. Mellon [1]. Dans nos expériences, la déchirure de la membrane a permis au cytoplasme de fuser pour constituer une forme en éventail. Cette masse de cytoplasme

---

[1] *Journal of Bacteriology*, 11, 1926, p. 203.

nu se colore en violet plus ou moins intense suivant l'épaisseur de la couche cytoplasmique.

Le rôle de la membrane, fondamental dans la coloration des plastides vivantes, ne conditionne donc pas l'aptitude qu'ont certaines bactéries desséchées et fixées à se colorer en violet noir.

BACTÉRIOLOGIE. — *Étude d'un cas d'antagonisme microbien* (B. Coli-Staphylococcus aureus). Note ([1]) de MM. **J. Régnier** et **S. Lambin**, transmise par M. Vito Volterra.

Sur les conseils d'E. Roux, et en relation avec M. Vito Volterra, nous avons abordé l'étude numérique des antagonismes microbiens. Cette étude comporte certaines difficultés en raison du fait que les milieux de culture d'usage courant sont physiquement et biologiquement limités. Mais elle offre l'avantage de permettre un renouvellement facile des expériences, et la réalisation de cultures pures servant de témoins.

Nous donnons, ici, les résultats numériques du développement simultané, dans un même milieu de culture liquide (bouillon de viande peptoné salé), de *Staphylococcus aureus* et de *Bacillus Coli* ([2]).

Pour *dénombrer* les bactéries nous avons utilisé la technique de Wright-Fries, légèrement modifiée ([3]), qui permet d'obtenir la totalité des germes visibles au microscope. Nous avons écarté, à dessein, la technique habituelle des « plaques de gélose » difficilement applicable aux numérations de colonies nombreuses d'espèces différentes, et ne fournissant que le nombre des germes assez résistants pour se multiplier, après transport, sur un milieu de culture neuf. Nous avons spécialement porté notre attention sur les 30 à 48 premières heures de la multiplication bactérienne, lesquelles représentent, seules, dans les conditions habituelles (incubation à $+37°$) la phase véritablement active du développement.

Chaque expérience a comporté l'étude numérique des trois cultures simultanées (colibacille seul, staphylocoque seul, colibacille + staphylocoque). Nous donnons les résultats d'une expérience réalisée avec un ensemencement initial de nombres égaux de germes de chaque espèce (500000 par centimètre cube de bouillon). D'autres expériences ont comporté l'ense-

---

([1]) Séance du 10 décembre 1934.

([2]) Voir M. Gundel, *Münch. Med. Woch.*, **54**, 1925, 1674.

([3]) J. Régnier et L. Neipp, *Bull. Sc. pharmacol.*, **41**, 1934, p. 152, 231, 291.

mencement simultané d'un nombre constant de cocci (500000) et de nombreuses variables de bacilles (50000, 5000 et 500). Nous donnons en regard des heures d'observation : 1° les nombres de germes (les maxima étant en caractères gras) et les logarithmes de ces nombres; 2° les nombres de générations microbiennes, ou bipartitions produites pendant chaque période, et le *temps moyen*, nécessaire à la production d'une génération. Dans la période de décroissance du nombre des germes, on a noté, par analogie, les temps nécessaires pour que ce nombre devienne deux fois moins grand (chiffres en italique).

	Nombre de germes par cm³ (millions).	Logarithmes de ces nombres.	Nombre de générations pendant chaque période.	Temps de génération pendant chaque période (minutes).	Nombre de germes par cm³ (millions).	Logarithmes de ces nombres.	Nombre de générations pendant chaque période.	Temps de génération pendant chaque période (minutes).
	Colibacille seul :				*Staphylocoque seul :*			
0 heure....	0,5	5,69	3,9	30	0,5	5,69	4,6	26
2 heures....	7,3	6,86	2,46	48	12,4	7,09	1,8	66
4 »	39,8	7,60	3,26	36	43	7,63	3,43	34
6 »	380	8,58	1,06	113	463	8,66	1,1	109
8 »	802	8,90	1,43	671	990	8,99	1,3	738
24 »	2178	9,33	0,9	400	2434	9,38	1,06	339
30 »	**3992**	9,60	*0.05*	*21600*	**5026**	9,70	*0,53*	*2087*
48 »	3574	9,55	*0.43*	*6699*	3488	9,54	*0,53*	*5433*
4 jours......	2650	9,42	*2,9*	*1986*	2390	9,38	*3,06*	*1882*
8 jours......	354	8,55			290	8,46		
	Staphylocoque en culture mixte :				*Colibacille en culture mixte :*			
0 heure....	0,5	5,69	4	30	0,5	5,69	3,3	36
2 heures....	7,9	6,89	2,16	55	6,5	6,69	3,1	38
4 »	35	7,54	1,96	61	42	7,62	3,26	36
6 »	136	8,13	1,23	97	406	8,60	0,43	279
8 »	319	8,50	0,4	2400	544	8,73	2,06	466
24 »	**416**	8,62	*0,63*	*571*	2237	9,35	0,03	12000
30 »	274	8,43	*0,33*	*3272*	**2289**	9,36	*0.36*	*3000*
48 »	214	8,33	0,36	8000	1800	9,25	0,33	8727
4 jours......	275	8,44	*0,23*	*25043*	2230	9,35	*1,26*	*4571*
8 jours......	323	8,51			940	8,97		

En dehors des constatations d'ordre général, qui sont conformes à celles

que nous avons publiées antérieusement [1], ces essais nous ont permis de faire les remarques suivantes :

a. La multiplication du colibacille ne semble pas modifiée par la présence du staphylocoque.

b. Le staphylocoque est gêné dans son développement par la présence du colibacille; cette inhibition se manifeste, après la phase de multiplication logarithmique, par un ralentissement du rythme de la multiplication et par une diminution du nombre maximun atteint.

L'action antagoniste se fait d'autant moins sentir que le nombre de colibacilles ensemencés est plus petit. Si nous considérons le rapport :

$$\frac{\text{Nombres maxima de staphylocoques en présence de colibacilles}}{\text{Nombres maxima de staphylocoques seuls}},$$

nous constatons qu'il atteint respectivement les valeurs décroissantes : 12-3-1,8-1,5, lorsque les nombres de colibacilles ensemencés, avec 500000 staphylocoques, passent de 500000 à 50000-5000-500 par centimètre cube.

Le cas de concurrence vitale que nous étudions ici ne semble pas pouvoir être rapproché des exemples déjà connus d'espèces antagonistes dont l'une se nourrit de l'autre. Il est possible, par contre, de le rapprocher des cas où deux espèces se disputent la même nourriture. Avant de répondre par l'affirmative, il convient toutefois de considérer d'autres hypothèses : sécrétion par le colibacille de substances nuisibles à la multiplication du staphylocoque, modification des conditions purement physiques de l'espace nécessaire à la vie de chaque bactérie, etc. Nous nous proposons d'examiner ces hypothèses dans d'autres recherches.

Remarques sur la Note de M. Régnier et Mlle Lambin.

par M. **Vito Volterra.**

Si nous envisageons le cas d'une seule espèce de bacilles, nous voyons que son développement ne suit pas la loi de Pearl ou la courbe logistique. Chaque espèce étant seule, le nombre des individus rejoint un maximum à un certain temps et après il diminue. La courbe logistique correspond à une population dans laquelle la nourriture disponible pour chaque indi-

---

(1) J. Régnier, R. David et Mme A. Kaplan, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 323.

vidu diminue lorsque le nombre de ceux-ci augmente. On peut penser que la loi d'accroissement trouvée par les auteurs dépende des substances toxiques s'accumulant dans le terrain de culture ou par d'autres causes analogues dues à la vie des bacilles. J'ai cherché à établir un calcul en partant de cette hypothèse.

On peut supposer que le pouvoir toxique du terrain de culture au temps t à cause de la vie de $N(\tau)$ bacilles dans l'intervalle de temps $(\tau, \tau + d\tau)$ soit donné par

$$N(\tau) f(t-\tau)\, d\tau,$$

de manière que le coefficient d'accroissement de l'espèce au temps t doit être diminué de

$$\int_0^t N(\tau) f(t-\tau)\, d\tau,$$

à cause de la période $(0, t)$ de vie des bacilles dans le milieu.

On aura alors l'équation intégro-différentielle

$$\frac{dN(t)}{dt} = \left[\varepsilon - hN(t) - \int_0^t N(\tau) f(t-\tau)\, d\tau\right] N(t),$$

où ε est le coefficient brut d'accroissement et $-hN(t)$ est le terme correspondant à l'effet Pearl.

L'équation précédente peut se simplifier en négligeant ce terme et en supposant $f = c$ constante. Si nous posons $\int_0^t N(\tau)\, d\tau = n(t)$ l'équation intégro-différentielle se réduit à l'équation différentielle

$$\frac{d^2 n(t)}{dt^2} = (\varepsilon - cn) \frac{dn}{dt}.$$

L'intégration de cette équation conduit à la formule

$$N = \frac{N_0(\alpha + \beta)^2 e^{\lambda t}}{(\beta e^{\lambda t} + \alpha)^2},$$

où N_0 est le nombre initial des bacilles, α et $-\beta$ sont les racines de l'équation

$$\frac{1}{2} c x^2 - \varepsilon x - N_0 = 0, \qquad \lambda = \frac{1}{2} c(\alpha + \beta).$$

Le maximum est atteint à l'instant $1/\lambda \log \alpha/\beta$, et il est $c/8\,(\alpha + \beta)^2$.

Dans le cas de deux espèces vivant ensemble, on trouve le système

d'équations intégro-différentielles

$$\frac{d\,N_1(t)}{dt} = \left\{ \varepsilon_1 - [h_{11}N_1(t) + h_{12}N_2(t)] - \int_0^t [N_1(\tau)f_{11}(t-\tau) + N_2(\tau)f_{12}(t-\tau)]\,d\tau \right\} N_1(t),$$

$$\frac{d\,N_2(t)}{dt} = \left\{ \varepsilon_2 - [h_{12}N_1(t) + h_{22}N_2(t)] - \int_0^t [N_1(\tau)f_{21}(t-\tau) + N_2(\tau)f_{22}(t-\tau)]\,d\tau \right\} N_2(t)$$

qui se réduit, comme dans le cas précédent, aux équations

$$\frac{d^2 n_1}{dt^2} = [\varepsilon_1 - c_{11}n_1(t) - c_{12}n_2(t)]\frac{dn_1}{dt},$$

$$\frac{d^2 n_2}{dt^2} = [\varepsilon_2 - c_{21}n_1(t) - c_{22}n_2(t)]\frac{dn_2}{dt},$$

dont on trouve l'intégrale

$$c_{21}\frac{dn_1}{dt} + c_{12}\frac{dn_2}{dt} = c_{21}\varepsilon_1 n_1 + c_{12}\varepsilon_2 n_2 - c_{11}c_{21}\frac{n_1^2}{2} - c_{12}c_{21}n_1 n_2 - c_{12}c_{22}\frac{n_2^2}{2} + K,$$

K étant une constante; n_1 et n_2 sont des quantités positives croissantes.

N_1 et N_2 augmentent jusqu'à des maxima qu'ils rejoignent respectivement lorsque $\varepsilon_1 = c_{11}n_1 + c_{12}n_2$ et $\varepsilon_2 = c_{21}n_1 + c_{22}n_2$. Ils décroissent après. c_{12} est le coefficient toxique de la deuxième espèce agissant sur la première et c_2 celui de la première sur la seconde. On peut les évaluer approximativement en connaissant des données sur les courbes d'accroissement des deux espèces.

SÉROLOGIE. — *Réversibilité de certains précipités métalloprotéiques par action du thiosulfate de sodium. Comportement sérologique du complexe provenant de sérums hémolytiques et de sérums syphilitiques.* Note de M. **Hector Diacono**, transmise par M. Charles Nicolle.

Il est classiquement admis que les substances protéiques sont précipitables par les sels de métaux lourds et que le précipité obtenu, un coagulum, est *irréversible*. Or, faisant agir du bichlorure de mercure (solution à 1 pour 1000), du sulfate de cuivre (solution à 1 pour 1000), du nitrate d'argent (N/10) ou du chlorure d'or et de sodium (solution à 1 pour 100) sur du sérum sanguin, nous nous sommes rendu compte que le précipité obtenu, plus ou moins abondant suivant la nature du métal mis en présence, est parfaitement soluble dans une solution de thiosulfate de sodium (solution à 10 pour 100).

Cette constatation, que nous croyons nouvelle, nous a incité à rechercher si, dans les sérums préparés ou dans les sérums pathologiques, le complexe métalloprotéique, formé par action d'un sel métallique ($HgCl^2$, SO^4Cu), puis dissous par action du thiosulfate, conservait les propriétés biologiques du sérum dont ledit complexe était issu.

Notre étude a porté : 1° sur des sérums hémolytiques; 2° sur des sérums humains provenant de sujets syphilitiques.

I. *Sérums hémolytiques.* — *a. Complexes Hg-protéiques.* — 1^{cm^3} de sérum de cobaye antimouton est traité par 10^{cm^3} de solution de chlorure mercurique à 1 pour 1000 et 5^{cm^3} d'eau distillée. Le précipité obtenu est dissous, après lavage, dans $0^{cm^3},5$ de thiosulfate de sodium à 10 pour 100. Le pouvoir hémolytique du complexe métallo-protéique solubilisé, ainsi obtenu, est déterminé par rapport à l'antisérum qui a servi à sa formation.

Nos titrages nous ont permis de reconnaître que l'anticorps hémolytique est intégralement entraîné dans le complexe Hg-protéique. L'alexine seule est, évidemment, détruite. Cette destruction est autant le fait de l'eau (hydrolabilité normale de l'alexine) que celui du sel de mercure.

b. Complexes Cu-protéiques. — L'antisérum est traité comme ci-dessus, le bichlorure de mercure étant remplacé par du sulfate de cuivre. Dans ce cas particulier, on entraîne 65 pour 100 des anticorps initiaux. En opérant avec une surcharge alexique, on arrive à retrouver 76 pour 100 des anticorps contenus dans l'antisérum.

II. *Sérums syphilitiques.* — Nous avons expérimenté sur 20 sérums (10 sérums de sujets normaux et 10 sérums de sujets syphilitiques). Les sérums ont été traités par le bichlorure de mercure dans les conditions indiquées pour les sérums hémolytiques.

Le temps d'incubation pour la formation du complexe métallo-protéique est de 1 heure, à la température du laboratoire. Le culot de centrifugation dissous dans le thiosulfate fournit une solution de volume égal à celui du sérum examiné. Il est pratiqué, sur ce produit, la réaction de floculation de Kahn suivant le protocole expérimental habituel.

Les résultats obtenus concordent avec ceux que fournissent les sérums correspondants. Une discrimination nette et exacte est faite entre sérums positifs et sérums négatifs.

Les réagines se maintiennent donc apparemment intactes dans le coagulum Hg-protéique obtenu au moyen des sérums provenant de sujets syphilitiques.

MÉDECINE. — *Les courants de d'Arsonval diminuent l'excitabilité neuro-musculaire.* Note [1] de MM. **L. Delherm** et **H. Fischgold**, présentée par M. A. d'Arsonval.

Dans ses Communications sur l'action physiologique des courants de HF, M. d'Arsonval avait déjà noté que le nerf moteur, après passage de la HF « était anesthésié au point de ne pouvoir répondre de quelque temps aux autres genres d'excitation »... « En analysant ce phénomène, je remarquai que les nerfs traversés par ces courants éprouvaient une diminution très notable de leur excitabilité aux courants ordinaires et ne la recouvraient qu'au bout d'un temps assez long ».

Les électrothérapeutes qui ont longuement utilisé l'action analgésique de la HF se sont tenus, en général, aux démonstrations de M. d'Arsonval. Les essais faits pour éclaircir l'action des courants de HF sont, en effet, peu nombreux. Ce n'est que depuis peu de temps que le problème est devenu actuel, à l'occasion des études sur l'action des ondes hertziennes courtes (10—30^{m}).

J. Audiat a en effet étudié l'action des ondes hertziennes sur l'excitabilité électrique des nerfs, en utilisant la préparation nerf-muscle de grenouille; il constate que l'excitabilité du nerf diminue sous l'influence de la HFr. Audiat met donc en évidence « une action antagoniste des effets termiques et véritablement spécifiques des ondes hertziennes » car la chaleur, à elle seule, augmente l'excitabilité neuro-musculaire.

Au cours de nos recherches sur l'électrotonus chez l'homme, nous avons repris les expériences anciennes de M. d'Arsonval ainsi que celles d'Audiat. Dans la plupart des cas, nous sommes arrivés aux mêmes résultats. Nous avons vu que la diathermie et les ondes courtes pendant leur passage ont une action directement antagoniste de celle de la chaleur : l'énergie de HFr diminue l'excitabilité, en augmentant la chronaxie du muscle.

Nous disons, dans la plupart de nos expériences, car dans un certain nombre de nos expériences, surtout sur le muscle sain, nous n'avons trouvé aucun changement de la chronaxie.

Expérience 19 mai. Muscle normal : extenseur commun; électrodes diathermiques

---

(1) Séance du 26 novembre 1934.

appliquées sur la face antérieure du poignet et la face postérieure du bras, au-dessus du coude; la chronaxie est mesurée avant, pendant et après le passage du courant diathermique.

TABLEAU I (Extenseur commun).

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Rhéobase....	2,5	–	1,75	–	–	–	–
Chronaxie τ...	$0^{\sigma},25$	$0^{\sigma},21$	$0^{\sigma},96$ (¹)	$0^{\sigma},63$ (²)	$0^{\sigma},77$ (¹)	$0^{\sigma},20$ (²)	1^{σ} (¹)

31 août. Frontal droit. Paralysie faciale avec RD totale. Irradiation du muscle frontal par ondes courtes (18-22^{m}), en monopolaire.

L'électrode est fixée à une distance de 10^{cm} du front du malade. La chronaxie est mesurée avant, pendant et après le passage des ondes courtes.

TABLEAU II (frontal).

Heure.....	10^{14}	10^{16}	10^{17}	10^{20}	10^{25}	10^{27}	10^{28}	10^{30}	10^{35}
τ.........	$8^{\sigma},5$	$8^{\sigma},8$	Oc. monopolaires	25^{σ}	22^{σ}	21^{σ}	Arrêt des ondes courtes	14^{σ}	9^{σ}
				Passage des ondes courtes.					

Les mêmes expériences, pratiquées sur les muscles de la face, non dégénérés, sont restées plusieurs fois négatives. Il y a donc intérêt à faire ces recherches sur les muscles en état de RD, à longue chronaxie.

Nos expériences montrent que, là où le phénomène est mesurable sans trop de causes d'erreur, les *courants diathermiques et le champ hertzien des ondes courtes ont la même action sur l'excitabilité neuro-musculaire chez l'homme*.

Les courants de d'Arsonval pendant leur passage à travers l'organisme diminuent l'excitabilité neuro-musculaire. Cette diminution se traduit par une augmentation de la chronaxie. *L'effet des courants de* HFr *est donc antagoniste de celui de la chaleur.*

Nous nous contentons, pour le moment, de signaler les conséquences thérapeutiques de nos expériences.

a. L'action des courants de d'Arsonval sur le système neuto-musculaire a pour résultat une diminution de l'excitabilité, se traduisant par une augmentation de la chronaxie, pendant le passage de ces courants dans l'organisme.

b. Cette diminution de l'excitabilité est, très probablement, à la base de l'action analgésique de la HFr.

(¹) Passage de la diathermie 550 mA. (²) Arrêt de la diathermie.

c. Cet *effet électrique* de la HFr est antagoniste de l'effet calorique, qui diminue la chronaxie et augmente l'excitabilité.

L'observation clinique avait d'ailleurs montré, depuis longtemps, l'avantage des doses faibles en diathermie, et l'action aggravante de la chaleur diathermique dans le traitement des névralgies.

d. L'action biologique de la HFr se manifeste dans le même sens, avec les ondes longues et les ondes courtes de HFr.

L'effet électrique de la HFr se révèle comme étant de même nature que l'effet anodique du courant continu. Cette fois encore, l'expérience, qui nous montre l'identité d'action du courant continu anodique et de la HFr, confirme l'observation clinique, les effets calmants du pôle positif étant connus depuis longtemps.

HISTOPATHOLOGIE. — *Hémorragie ombilicale syphilitique et tréponèmes.* Note de M. Y. **Manouélian**, présentée par M. F. Mesnil.

L'hémorragie ombilicale ou l'omphalorragie syphilitique est un syndrome assez rare au cours de l'hérédo-syphilis précoce. Elle se montre parfois chez le nouveau-né avec diverses autres hémorragies et lésions manifestement syphilitiques ; parfois, elle ne s'accompagne que d'ictère ; elle peut aussi constituer le seul symptôme d'une hérédo-syphilis précoce.

L'omphalorragie syphilitique se manifeste d'une façon insidieuse. Souvent, on la constate par surprise en démaillotant le nouveau-né ; les langes sont imbibés de sang ; en découvrant l'ombilic, on y trouve un écoulement sanguin tenace, souvent rebelle à tout traitement. L'enfant est pâle, d'une blancheur cireuse, la température tombe à 36°-35°-34° et la mort survient à la suite d'une véritable saignée blanche.

La notion de l'origine de l'hémorragie ombilicale syphilitique n'était cependant que d'ordre clinique. En effet la bactériologie, jusqu'à nos recherches, n'avait pas encore apporté la preuve certaine, indubitable, de la présence du tréponème au niveau des lésions vasculaires perforantes.

L'observation que voici est un exemple d'omphalorragie syphititique avec preuve microbiologique à l'appui.

Mme X..., 20 ans, primipare, grossesse au début du neuvième mois, entre dans le service de M. Brindeau « en dilatation » complète. Femme conformée nornalement ; aucune lésion cutanée ni muqueuse, pas de ganglions épitrochléens. Parents bien portants. Rien à signaler dans ses antécédents. Procréateur : 22 ans, en bonne santé.

Accouchement normal d'une fille vivante pesant 2300g. Délivrance naturelle, placenta de 700g.

Le Wassermann et ses succédanés sont positifs chez la mère. Suites des couches normales. Quant à l'enfant, on ne constate chez lui aucune lésion apparente, ni anomalie. Son poids fléchit à 2115g le deuxième jour, remonte graduellement les jours suivants pour redevenir le dixième jour le même qu'à la naissance. Le dixième jour, l'enfant présente une hémorragie ombilicale. On pose des points de suture, mais en vain; du sang hémolysé s'écoule sans arrêt de la plaie; les pansements avec divers anticoagulants ne réussissent pas non plus, et l'enfant meurt dans la nuit du onzième jour.

A l'autopsie on constate un caillot de sang dans la paroi du cordon au niveau de l'ombilic. Ce caillot, c'est le reliquat de l'hémorragie mortelle. Notons l'hypertrophie du foie dont la consistance semble en outre augmentée. On constate au niveau du bord supérieur de la tête du pancréas une petite masse blanchâtre de la forme et de la dimension d'une lentille.

L'étude de la région ombilicale avec le caillot et les tissus d'alentour nous a révélé des faits intéressants. L'examen systématique des coupes sériées a permis, en effet, de découvrir le point de rupture vasculaire, cause de l'hémorragie. Ce point se trouve à la partie antérieure et droite de la paroi de la veine ombilicale, juste au niveau de la suture du cordon. Notons que la veine est ici très superficielle; dans les autres coupes, elle est séparée de la surface par un gros caillot qu'on peut suivre sur une certaine hauteur. Ce caillot provient du sang épanché dans cette région à la suite de la rupture vasculaire.

Étude microscopique du cordon et de la paroi ombilicale au niveau et dans le voisinage de la rupture vasculaire. — A faible grossissement, on constate autour de la veine une épaisse bande de tissu composé d'éléments chromophiles. Cette bande s'étend en dehors, dans la gélatine de Wharton. En dedans, les cellules chromophiles pénètrent dans les parois de la veine; elles sont tellement confluentes qu'on ne peut distinguer les éléments constituants des parois. En d'autres points, l'infiltration est moins vive; cependant même dans les régions éloignées du point de rupture, la veine ne présente des lésions analogues.

A plus fort grossissement, on reconnaît la nature des éléments chromophiles; ce sont surtout des leucocytes polynucléaires et des macrophages beaucoup plus rares. La polynucléolyse est d'ailleurs très accusée. Il existe des champs où l'on ne trouve aucun leucocyte normal; on ne constate que des débris de noyaux leucocytaires, la plupart retenant encore les colorants nucléaires.

Certains de ces débris se colorent mal ou même ne se colorent pas du tout

Quant aux éléments constituants de la veine, fibres élastiques et musculaires, elles sont souvent profondément altérées et, par places, détruites.

La gélatine de Wharton est aussi le siège d'infiltrats leucocytaires; notons-y la prolifération des cellules fixes et dans certaines régions une vascularisation anormale.

L'imprégnation argentique de la paroi ombilicale ne révèle des tréponèmes que dans le cordon seul, au niveau de la lésion vasculaire et dans la gélatine de Wharton environnante. Les parasites se trouvent en effet dans la paroi de la veine altérée et surtout dans la portion voisine du point de rupture. Les tréponèmes abondent, fourmillent dans ces parages. Ils sont ici aussi nombreux que dans un jeune chancre; on constate en effet de nombreux parasites typiques en voie de prolifération intense. Dans nos préparations, on parcourt des champs où les parasites sont disposés en écheveaux denses. Tout indique qu'il s'agit ici d'un foyer d'infection syphilitique en pleine activité. Il s'agit donc d'une phlébite syphilitique perforante du cordon.

Décrivons les autres lésions. La petite masse du bord supérieur de la tête du pancréas est constituée par du tissu conjonctif riche en fibroblastes contenant des plasmatocytes et surtout des lymphocytes; on y trouve des tréponèmes encore reconnaissables, mais surtout des formes parasitaires anormales. Quant au foie, il est découpé par des traînées d'infiltrats composés de plasmatocytes et de nombreux lymphocytes, infiltrats rayonnant des espaces-portes aux veines sus-hépatiques. Aucun tréponème normal dans cet organe, peut-être quelques débris d'origine parasitaire. Dans les autres viscères, nous n'avons pu déceler non plus aucun tréponème.

En résumé, une femme cliniquement saine accouche d'un enfant d'apparence saine, ne présentant aucune lésion cutanée ni muqueuse et qui, dix jours après la naissance, est pris d'une hémorragie ombilicale mortelle. L'examen du cordon révèle une rupture de la veine avec de graves lésions, et des tréponèmes à ce niveau; la preuve microbiologique dans l'omphalorragie syphilitique est donc faite.

La séance est levée à $16^h 40^m$.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 3 décembre 1934.)

Note de MM. *Théodore Ionescu* et *Constantin Mihul*, Sur la structure de la couche ionisée de l'atmosphère (ionosphère) :

Page 1302, ligne 2, *au lieu de*

$$(1)\qquad \varepsilon = 1 - \frac{Ne^2}{\pi m c^2 \lambda^2}\left(1 - \frac{\sin 2\pi \frac{\tau}{T}}{2\pi \frac{\tau}{T}}\right), \qquad \sigma = \frac{Ne^2}{4\pi^2 m c^2 \lambda^2}\left(1 - \cos 2\pi \frac{\tau}{T}\right),$$

lire

$$(1)\qquad \varepsilon = 1 - \frac{Ne^2\lambda^2}{\pi m c^2}\left(1 - \frac{\sin 2\pi \frac{\tau}{T}}{2\pi \frac{\tau}{T}}\right), \qquad \sigma = \frac{Ne^2\lambda^2}{4\pi^2 m c^2}\left(1 - \cos 2\pi \frac{\tau}{T}\right)\frac{1}{\tau}.$$

Page 1303, dans l'axe des abscisses, *au lieu de* $4 \times 10\ \mathrm{sec}^{-1}$, *lire* $4 \times 10^6\ \mathrm{sec}^{-1}$.

(Séance du 10 décembre 1934.)

Note de M. *Marcel Brillouin*, Les *quanta* de Planck et le champ de force atomique (p. 1345 à 1349) :

Avec les notations prises par mégarde ($h.2\pi:\mathrm{T}$ *au lieu de* $h:\mathrm{T}$), la valeur numérique qu'il faut mettre pour h dans les formules est $\frac{6,55}{6,28}\cdot 10^{-27} = \mathbf{1,043.10^{-27}}$ (fin du paragraphe 4), ce qui donne pour rayon du domaine $\mathbf{2,48.10^{-8}}$ *au lieu de* $6,2.10^{-8}$ (fin du paragraphe 5).

Note de M. *Edmond Rouelle*, Influence de la charge initiale du condensateur sur les phénomènes transitoires obtenus à l'enclenchement d'un circuit ferro-résonnant :

Page 1386, ligne 9, *au lieu de* en l'absence de v_n, *lire* en l'absence de v_0.

Page 1387, ligne 8, *au lieu de* U_1, *lire* U_i; ligne 1 du paragraphe 3, *au lieu de* Variations du U_1 et courbes $U_1(\tau)$, *lire* Variations de U_i et courbes $U_i(\tau)$.

Note de M. *Sébastien Sabetay*, Sur un procédé rapide de dosage des alcools primaires et secondaires dans les huiles essentielles :

Page 1420, ligne 6 en remontant, *au lieu de* Préparation du catalyseur ([3]), *lire* ([2]).

Page 1421, ligne 3 en remontant, *au lieu de* citronellal gauche, *lire* citronellol auche.

(Séance du 17 décembre 1934.)

Prix Martin-Damourette. — Rapport :

Page 1509, ligne 12, *au lieu de* Le travail de M. Benhamou est une œuvre virginale, *lire* Le travail de M. Benhamou est une œuvre originale.

FIN DU TOME CENT-QUATRE-VINGT-DIX-NEUVIÈME.